

## Semesterprojekt Modul PE FS 2023

Version 5.3.23 / PE Team

### Um was geht es?

Sie modellieren den gelernten Physikstoff in drei Teilprojekten in Unity. Die drei Teile schliessen aneinander an, Sie können das erste Modell weiterverwenden. Sie können mit diesem Bericht 40 Punkte erreichen, die 40 % zur Schlussnote beitragen.

#### Teil 1: Installation und Einführungsprojekt (5 Punkte)

Installation von Unity, Modellierung harmonische Schwingung nach Vorgaben.

Die Details zur Aufgabe und Abgabe finden Sie auf Moodle, sie werden hier nicht mehr beschrieben.

#### Teil 2: Beschleunigung und inelastischer Stoss (15 Punkte)

Eine Rakete (konstante Kraft) stösst einen Würfel 1 und der Würfel 1 beginnt reibungsfrei zu gleiten. Er stösst elastisch mit einer Wand und anschliessend inelastisch mit einem weiteren Würfel 2, beide gleiten zusammen.

#### Teil 3: Stösse, Kreisbewegung und Erhaltungssätze (20 Punkte)

Würfel 1 und 2 gleiten zusammen, beide werden von einem Kran gepackt und schwingen als Pendel. Durch Luftreibung verlieren die schwingenden Würfel Energie.

### Support

Stellen Sie Ihre Fragen in Teams und schreiben Sie dort auch über Aha-Momente. Die Tutoren und Dozierenden unterstützen Sie gerne. Benützen Sie auch eduWiki oder Lehrbücher wie Tipler.

### Abgabe

Teil 1 wird individuell gelöst und bewertet. Die Teile 2 und 3 werden in Gruppen von maximal 3 Personen oder auf Wunsch auch alleine gelöst.

Falls Sie Ihr Experiment in der Gruppe versionieren möchten, finden Sie im Physik-Labor ein Beispiel für eine gitignore-Datei. Organisieren Sie sich so, dass Sie nicht

gleichzeitig an der gleichen Szene arbeiten müssen, um Merge-Konflikte zu vermeiden. Die Tutoren und David Kempf helfen gern.

Ein Mitglied jeder Gruppe gibt nach Teil 2 den ersten Teil des Berichts und nach Teil 3 den ganzen Bericht und das Video ab.

Der Bericht ohne Vorspann und Anhänge sollte 10 bis 20 Seiten lang sein. Fragen Sie nach, wenn Sie wesentlich weniger oder mehr schreiben. Bauen Sie den Bericht nach dem folgenden Muster auf:

- Titelseite mit Angabe der Gruppenmitglieder
- Inhaltsverzeichnis
- Zusammenfassung
- Aufbau des Experiments (zuerst Teil 2, später ergänzt durch Teil 3)
- Physikalische Beschreibung der einzelnen Vorgänge
- Beschreibung der Implementierung inklusive Screenshots aus Unity
- Resultate mit grafischer Darstellung gemäss der detaillierten Aufgabenstellung unten.
- Rückblick und Lehren aus dem Versuch (nach Teil 3)
- Quellenverzeichnis
- Übernehmen Sie den C#-Code als Anhang in den Bericht. Achten Sie darauf, dass der Code lesbar bleibt (Font ähnlich gross wie Lauftext).

Laden Sie nach Teil 2 den Bericht als pdf auf Moodle hoch. Dokumentieren Sie nach Teil 3 das ganze Experiment in einem Video und laden Sie den Bericht mit allen Anhängen und das Video auf Moodle hoch.

## Bewertung

### Teil 1 (5 Punkte), Abgabe Ende SW 2

Teil 1 gilt als bestanden, wenn Sie einen Screenshot des harmonischen Oszillators zusammen mit den angegebenen csv-Files und grafischen Darstellungen hochgeladen haben.

### Teil 2 (15 Punkte), Abgabe bis Ende SW 9

Für Teil 2 beurteilen wir die Korrektheit der Theorie (10 Punkte) und Verständlichkeit der grafischen Darstellung der Bewegung (5 Punkte).

### Teil 3 (20 Punkte), Abgabe bis Ende SW 14

Bewertet werden die eine korrekte Bewegung der beiden Würfel (5 Punkte), die Theorie hinter der gedämpften Kreisbewegung (5 Punkte) und die Darstellung der Schwingung in Diagrammen (5 Punkte). Das Video soll den ganzen Ablauf von Teil 2 und 3 übersichtlich darstellen (5 Punkte).

#### Note

Eine vollständige Arbeit, die alle formalen Kriterien erfüllt, bewerten wir mit 40 Punkten und der Note 5.5 (gut bis sehr gut). Für eine Note 6 (sehr gut) muss die Arbeit überdurchschnittlich sorgfältige Details enthalten.

### Beschreibung von Teil 2 und 3

#### Teil 2: Würfel 1 bewegt sich und stösst (15 Punkte)

- Ein Würfel 1 wie im harmonischen Oszillator wird durch eine konstante Kraft beschleunigt. Sie dürfen hier eine Rakete darstellen, das ist aber nicht Pflicht. Sie können das Modell des harmonischen Oszillators weiterverwenden und statt der Federkraft eine konstante Kraft anwenden.
- Dimensionieren Sie die Kraft so, dass der Würfel nach wenigen Sekunden eine Geschwindigkeit von ungefähr 2 m/s erreicht. Geben Sie dem Würfel eine Masse von 2 kg und eine Seitenlänge von ungefähr 1.5 m (Abb. 1, 1). Die Beschleunigungsphase soll beendet sein, bevor der Würfel 1 die Wand erreicht.
- Der Würfel stösst elastisch mit einer Wand. Dimensionieren Sie Federkonstante und Länge der Feder so, dass der Würfel nicht in die Wand stösst und dass der Stoss langsam vor sich geht. Nutzen Sie die für die Berechnung die Energie von Würfel und komprimierter Feder (Abb. 1, 2). Die Feder muss nicht dargestellt werden (darf aber, wenns Spass macht).

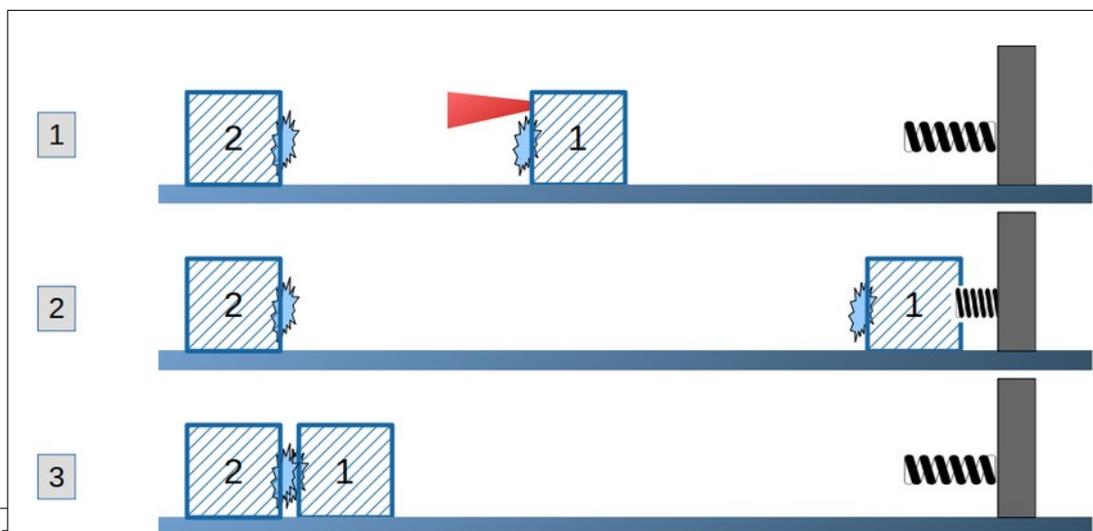


Abb. 1: Würfel 1 wird durch eine konstante Kraft beschleunigt (roter Schweif). Er stösst elastisch mit einer schweren, unbeweglichen Mauer und spickt zurück. Würfel 2 empfängt ihn inelastisch (gezackter Klett), die beiden kleben zusammen

- Der Würfel 1 gleitet nach dem elastischen Stoss reibungsfrei nach links und stösst inelastisch mit Würfel 2 (Abb. 1, 3). Dimensionieren Sie Würfel 2 gleich gross und gleich schwer wie Würfel 1. Modellieren Sie den Zusammenstoss mit OnCollision und heften Sie die beiden Würfel mit einem fixed joint sicher zusammen.
- Beschreiben Sie im Bericht die Anordnung des Experimentes und beschreiben Sie die Physik hinter den beiden Stössen. Stellen Sie Ort, Geschwindigkeit, Impuls beider Würfel und den Gesamtimpuls grafisch als Funktion der Zeit dar.
- Fassen Sie die Ergebnisse in einem Bericht zusammen und laden Sie ihn als pdf hoch. Folgen Sie der Struktur des Berichts im Abschnitt «Abgabe» (p. 1).

### Teil 3: Beide Würfel schwingen gedämpft

- Nachdem Würfel 1 inelastisch mit Würfel 2 zusammengestossen ist, gleiten beide gleichförmig einige Meter weiter. Da packen sie zwei Kranhaken an einem je  $R=6$  Meter langen Seil im Schwerpunkt jedes der beiden Würfel. Der Abstand der Kranseile ist gleich gross wie der Abstand der Schwerpunkte der beiden Würfel.
- Die beiden Würfel schwingen jetzt hin und her, die Kranseile halten sie auf der Kreisbahn. Modellieren Sie das nur mit Kräften (nächster Abschnitt) und nicht einfach geometrisch.
- Berechnen Sie die Seilkraft in jedem Schritt und wenden sie die Seilkraft auf jeden Würfel an, die Schwingung sollte sich wie von selbst ergeben. Bei einer Auslenkung  $\alpha$  (mit  $\alpha=0$ , wenn beide Seile gerade herunterhängen), hat der Betrag der Seilkraft zwei Komponenten:

1. Radialer Anteil der Gewichtskraft:  $F_G = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$

2. Zentripetalkraft:  $F_z = m \frac{v^2}{R}$

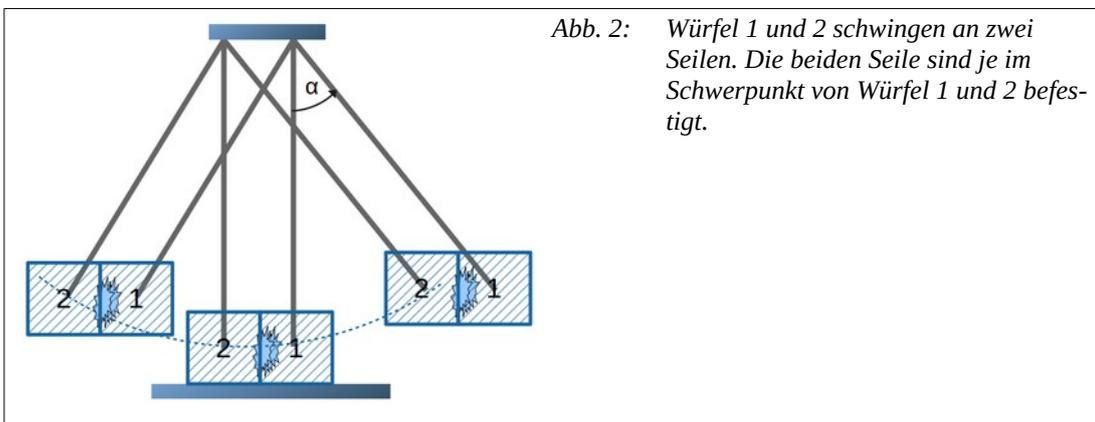


Abb. 2: Würfel 1 und 2 schwingen an zwei Seilen. Die beiden Seile sind je im Schwerpunkt von Würfel 1 und 2 befestigt.

- Addieren Sie die Beträge der beiden Kräfte und erzeugen Sie darauf einen Vektor mit der horizontalen Komponente  $F_{Hori} = (F_G + F_Z) \sin(\alpha)$  und der vertikalen Komponente  $F_{vert} = (F_G + F_Z) \cos(\alpha)$ .
- Den Winkel  $\alpha$  erhalten Sie aus dem Differenzvektor von Aufhängepunkte des Seils und der Position des Würfels. Die horizontale Komponente dividiert durch die vertikale Komponente gibt den Tangens des Winkels  $\alpha$ .
- Die Würfel erfahren turbulente viskose Reibung:  $\vec{F}_R = -\frac{1}{2} A \rho_{Luft} c_w v^2 \cdot \vec{e}_v$ . Nehmen Sie  $c_w = 1.1$  und  $\rho_{Luft} = 1.2 \text{ kg/m}^3$  an. Addieren Sie diesen Kraftvektor in tangentialer Richtung, entgegengesetzt zur Richtung der Geschwindigkeit  $\vec{e}_v$ .
- Stellen Sie die Bewegung des Würfels in einem Ortsdiagramm dar (vertikale gegen horizontale Ortskoordinate).
- Stellen Sie die Auslenkung  $\alpha$  als Funktion der Zeit dar.