

Untersuchung des freien Falls einer Kugel:

Ihr wisst bereits, dass die Beschleunigung eines Körpers im freien Fall unabhängig von der Masse ist.

Ihr sollt nun eine beliebige Kugel oder kleinen Ball auswählen und den freien Fall mit Hilfe einer Videoanalyse messen. Aus der Messung sollt ihr den Ortsfaktor g bestimmen. Unterschiedliche Gruppen sollen unterschiedliche Bälle oder Kugeln verwenden um zu zeigen, dass der Ortsfaktor (also die Beschleunigung) tatsächlich unabhängig von der Masse ist und alle Messungen im Rahmen der Messgenauigkeit übereinstimmen. Die Fallhöhe soll ungefähr 1 m betragen, damit der Luftwiderstand zu vernachlässigen ist.

Um die Messgenauigkeit zu verbessern, muss man beim Filmen des Versuches ein paar Dinge beachten.

Aufgaben

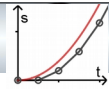
1. Lies hierzu das Arbeitsblatt „*Videoanalyse – Beim Filmen darauf achten*“ durch und beantworte die Fragen.
2. Bestimme mit der Videoanalyse den Ortsfaktor mit Hilfe einer Näherungskurve und berechne die Abweichung vom Tabellenwert ($9,81 \text{ m/s}^2$).
3. Zeigt, dass die Beschleunigung unabhängig von der Masse der Kugel ist, indem ihr alle Ergebnisse der Gruppen vergleicht.
4. Wenn ihr schnell seid, importiert die Messdaten in eure Simulation vom freien Fall. Betrachte hierzu das Video **09_011_nvm_datenimport_in_xx** (xx ist coach oder geogebra)

Video aufnehmen

- Wählt einen Ort mit gleichmäßigem Hintergrund und stellt einen Referenz-Maßstab parallel zur Wand. Der Referenz-Maßstab kann ein Mensch mit bekannter Höhe, eine Tür, ein Stab bekannter Länge, ... sein. Er muss gut sichtbar sein. Er dient dazu, dass man das Video vermessen kann.
- Stellt das Tablet in ein Stativ oder stabil auf den Tisch und achtet darauf, dass es parallel zur Wand ist, so dass es keine Verzerrung im Video gibt.
- Startet Viana und wählt „ein neues Projekt erstellen ... mit der Kameras oder aus...“
- Drückt auf „Rec“ (Alternativ könnt ihr auch ein vorhandenes Video verwenden, welches ihr im „Slo-Mo“ Modus aufgenommen habt. Dann entfallen die nächsten zwei Unterpunkte.)
 - Wählt oben rechts 120 fps aus, d.h. es werden 120 Bilder (frames) pro Sekunde (per second) gemacht.
 - Wählt eine Shutter-Zeit, eine Verschlusszeit, die so kurz wie möglich ist, ohne dass das Bild zu sehr flimmert. („Kurz“ heißt große Zahl im Nenner!) und korrigiert die Helligkeit so, dass man ein gutes Video bekommt.
- Der „Kameramann“ zählt „drei, zwei, eins, null“ und startet bei „eins“ das Video. Der „Ballhalter“ lässt den Ball bei „null“ fallen. Der „Kameramann“ stoppt, wenn der Ball den Boden erreicht hat.

Videoanalyse vorbereiten

- Videobereich sinnvoll eingrenzen: Unterhalb des Videos ist ein blauer Balken, der rechts und links einen runden Punkt hat. Verschiebt die runden Punkte so, dass das der blaue Bereich ganz genau dann beginnt, wenn der Ball zu fallen beginnt und endet, wenn er den Boden berührt.



- Wählt „Maßstab“ in der unteren Zeile aus. Verschiebt die Endpunkte der Linie auf die Endpunkte des Maßbandes. Zur genauen Positionierung wird oben rechts eine Lupe eingeblendet. Wählt dann in der Zeile oberhalb des Videos den Bereich „m“ aus und gibt die Länge des Maßbandes in Metern links oben ein.
- Wählt „Koordinatensystem“ in der unteren Zeile aus. Verschiebt den Ursprung genau in den Ball (Lupe oben rechts verwenden) und orientiert die x-Achse senkrecht nach unten.

Video analysieren

Nun gibt es drei Möglichkeiten. Welche die beste Möglichkeit ist, hängt von Eurem Video ab:

1. Möglichkeit: Farberkennung

- Wählt „Farberkennung“ in der unteren Zeile aus und verschiebt den roten Kreis in das Objekt (Lupe!).
- Ihr könnt den Kreis an die Objektgröße anpassen, indem ihr an einer beliebigen Stelle im Bild die Finger aufeinander zu oder auseinander bewegt. Das Objekt sollte den Kreis füllen, was nicht immer klappt, wenn das Objekt zu klein ist.
- Tippt dann an eine beliebige Stelle im Bild. Die automatische Erkennung wird gestartet.
- Wird Euer bewegtes Objekt nicht nachverfolgt, probiert die nächste Möglichkeit.

2. Möglichkeit: Bewegungserkennung

- Wählt „Bewegungserkennung“, schiebt den Videoregler nach links und geht sonst vor, wie bei Farberkennung.
- Wird Euer bewegtes Objekt nicht nachverfolgt, probiert die nächste Möglichkeit.

3. Möglichkeit: Manuelle Erfassung

- Wählt „Manuelle Erfassung“ und schiebt den Videoregler nach links.
- Verschiebt den roten Kreis in das Objekt und klickt an eine beliebige Stelle im Bild. Das eine Bild wurde erfasst. Macht mit dem nächsten weiter.

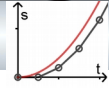
Dies ist sehr aufwändig. Man kann sich auch überlegen, ein neues Video zu drehen :-)

(optional) Diagramme betrachten

Um einen Überblick über die Bewegung zu bekommen, kann man unten „Diagramme“ anklicken. Hier sieht man das x-y-Diagramm. Mit einem Wisch von rechts nach links kann man noch die t-x, t-v_x, t-y, t-v_y Diagramme betrachten.

Die x-Achse zeigt die Fallrichtung. Also ist für diese Aufgabe das t-x bzw. t-v_x Diagramm interessant.

Stimmen diese mit den bekannten Diagrammen des freien Falls überein, so könnt ihr weitermachen.



Näherungsgleichung für die Messwerte bestimmen

Aus der Physik wissen wir, dass das t-s-Diagramm des freien Falls durch die Gleichung $s = \frac{1}{2}g \cdot t^2$ und das t-v-Diagramm durch die Gleichung $v = g \cdot t$ beschrieben wird

Wählt in der unteren Zeile „Export“ und dann „csv-Datei mit anderer App öffnen..“. Wählt hier „Vernier Graphical Analysis GW“

Stellt nun ein, was an den Achsen angezeigt werden soll:

Klickt hierzu auf „Frame“ unter der horizontalen Achse und wählt „Zeit (in s)“

Wählt für die Hochachse entweder „x-Koordinate“ oder „x-Geschwindigkeit“, je nachdem, was ihr untersuchen wollt, bzw. welches Schaubild eine „glattere Kurve“ bildet.

Mit Graphical GW kann man eine Näherungskurve errechnen lassen. Hierzu wischt man von rechts nach links über den Bereich, den man durch eine Kurve annähern möchte, der Bereich wird blau.

Unten links im Bildschirm wird dann ein Icon blau. Klicke dieses an und wähle „Näherungsgleichung anwenden“. Ihr könnt nun „Linear“ oder „Quadratisch“ oder anderes anwenden.

Die Näherungskurve wird eingezeichnet und die Gleichung angegeben. Stimmt die errechnete Kurve mit der gezeichneten Kurve gut überein, so könnt ihr zufrieden sein und euch die Gleichung der Kurve als Messergebnis notieren.

Der Wert RMSE ist die Abkürzung für „Root-mean-square deviation“, auf Deutsch: Standardabweichung. Sie gibt an, um wie viel die Messwerte im Durchschnitt von der Näherungskurve abweichen. Je kleiner der Wert, desto besser. Hierbei würde 0,09 also bedeuten, dass die Werte im Schnitt 9% neben der Näherungskurve liegen, $7,6E-04$ bedeutet, dass die Werte im Schnitt mit $7,6 \cdot 10^{-4} = 0,00076 = 0,076\%$ neben der Näherungskurve liegen. Der Wert gibt also die Qualität eurer Messung an.

Wenn ihr gut gearbeitet habt und euer Maßstab in der Einheit m angegeben habt, solltet ihr einen Wert haben, der nahe bei $9,81 \text{ m/s}^2$ liegt. Macht einen Screenshot Eures Wertes und des RMSE, um die Werte später in der Klasse zu vergleichen.