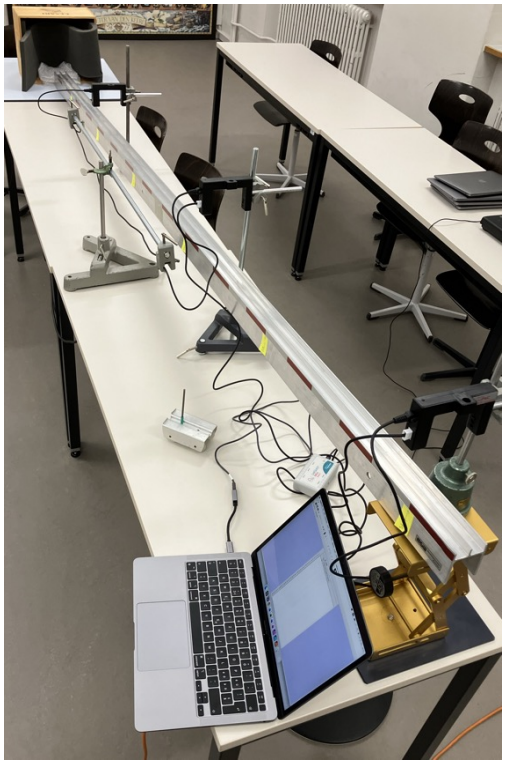
Versuche zur geradlinigen Bewegung

Kinematik auf der schiefen Rollbahn



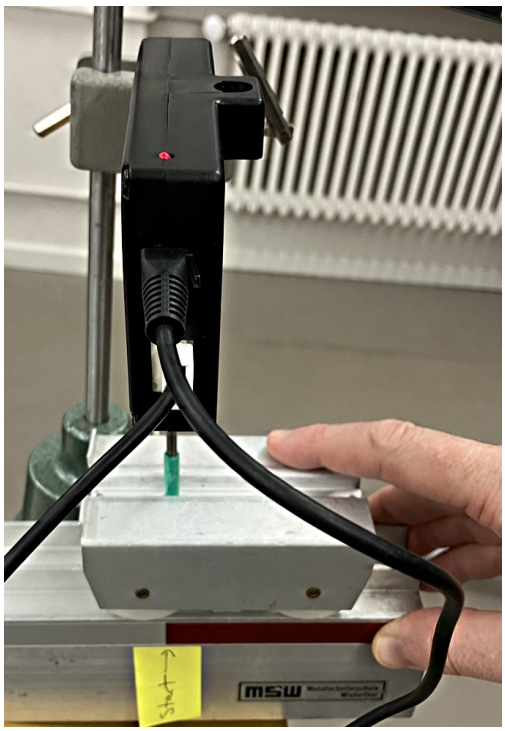
Einleitung

In der Kinematik haben wir **beschleunigte Bewegungen** kennengelernt. In diesem Versuch haben Sie mit dem Wägeli auf der schiefen Rollbahn eine im wesentlichen **gleichmässig beschleunigte Bewegung** vor Augen. Sie können hier spassig überprüfen, ob Sie diesen Bewegungstyp verstanden haben. Selbstverständlich werden wir noch besser vestehen müssen, weshalb diese Bewegung tatsächlich gleichmässig beschleunigt ist. Im Wesentlichen hat das damit zu tun, dass die ganze Rollbahn überall dieselbe Steigung hat und somit die Kraftsituation, in der sich das Rollwägeli befindet, immer dieselbe ist. Aber dazu mehr in nächster Zeit.

Die praktische Aufgabenstellung

Sie haben drei **Lichtschranken** zur Verfügung. Die erste steht direkt beim Start des Wägelis oben an der Rollbahn, die anderen beiden werden Sie längs der Bahn platzieren. Nun die Herausforderung: Schaffen Sie es, dass von der ersten Lichtschranke (L_1) bis zur zweiten (L_2) genau gleich viel Zeit vergeht wie von der zweiten bis zur dritten Lichtschranke (L_3)? Wie müssen die Lichtschranken beispielsweise platziert werden, wenn von L_1 bis L_2 und von $_2$ bis L_3 je $1.2\,\mathrm{s}$ vergehen sollen?

Mess-Setting



Auf dem Computer beim Versuch öffnen Sie das Messfile `rollbahn.cmbl` und damit das Programm *Logger Pro*. Darin zeigt Ihnen die Tabelle, zu welchen Zeitpunkten eine der drei Lichtschranken blockiert wurde (State 1) und wann sie wieder geöffnet wurde (State 0). Das bedeutet, nach einem Messdurchgang können Sie in der ersten Spalte ablesen, wann diese Schliessungen resp. Öffnungen stattgefunden haben. Uns interessieren aber insbesondere die **Zeitspannen** zwischen den Lichtschrankenöffnungen, z.B. die Zeit von der Öffnung von L_1 bis zur Öffnung von L_2. Diese Zeitspannen werden direkt in der dritten Spalte angezeigt. Dort sollten zur Erfüllung der Aufgabenstellung also zwei nahezu gleiche Zeitwerte von etwa $1.2\,\mathrm{s}$ entstehen.

Achtung! Der **Startvorgang**, also das korrekte Loslassen des Wägelis am oberen Ende der schiefen Rollbahn, ist speziell. Rechts sehen Sie ein Bild der Situation unmittelbar vor einem Start. Darauf erkennen Sie erstens, wie das Wägeli die Lichtschranken unterbricht, nämlich mit einem senkrechten Metallstift. Dieser Stift soll sich zu Beginn auf Höhe des *Start*-Post-Its befinden, also $10\,\mathrm{cm}$ vom oberen Ende der Rollbahn entfernt. **L_1 soll in dieser Startposition unterbrochen sein!** Das erkennen Sie an der roten Leuchtdiode oben auf der Lichtschranke. Diese LED leuchtet genau dann, wenn die Schranke unterbrochen ist.

Starten Sie zuerst die Messung auf dem Computer und lassen Sie dann den Wagen los, indem Sie den Finger anheben – möglichst ohne dadurch den Wagen zusätzlich anzustossen oder abzubremsen, er soll einfach von alleine losrollen. Unmittelbar nach dem Loslassen wird nun L_1 wieder geöffnet und damit der Startmoment sehr gut auf dem Computer registriert. So wird die Zeit zwischen dem Start und der zweiten Lichtschranke effektiv recht präzise gemessen.

Versuchsdurchführung

Machen Sie sich nun an Ihre Aufgabe, die beiden unteren Lichtschranken L_2 und L_3 so zu platzieren, dass die Zeitabstände von L_1 bis L_2 und von L_2 bis L_3 beide etwa $1.2\,\mathrm{s}$ lang sind. Sie werden sehen, das gibt doch einiges zu tun, aber zusammen können Sie das gut hinbekommen. Seien Sie nicht enttäuscht, wenn sich die Aufgabenstellung nicht beliebig exakt erfüllen lässt. Zwischen zwei Versuchen gibt es automatisch immer wieder kleine Unterschiede, die sich allerdings deutlich auf die Zeiten auswirken können. Alles in allem lässt sich die Zielsetzung aber gar nicht so schlecht erfüllen.

Auswertung

1. Nachdem Sie die Lichtschranken passend platziert haben, messen Sie die **Lichtschrankenorte** s_2 und s_3 (= Distanzen zum Start) in cm und tragen Sie diese Orte zusammen mit den zugehörigen Passierungszeitpunkten t_2 und t_3 in Sekunden ins **Auswertungsfile** `rollbahn.xlsx` ein (nur jemand in der Gruppe). Dieses File können Sie von `agertsch.ch` herunterladen. Das Startereignis hat natürlich die Position $s_1 = 0$. Diese Position ist bereits im File eingetragen. Den Startzeitpunkt t_1 müssen Sie aber, genau so wie die Zeitpunkte t_2 und t_3, aus dem Messfile übertragen. Es sind die Zeitpunkte in der ersten Spalte, bei denen die der Lichtschranken-State in der zweiten Spalte jeweils den Wert 0 annimmt (mit 7 Ziffern im Messfile).

2. Wie stellen wir nun fest, dass wir es mit einer **gleichmässig beschleunigten Bewegung (ohne Anfangsgeschwindigkeit)** zu tun haben?

   Entscheidend ist, dass die **Beschleunigung** a konstant bleibt! Diese Beschleunigung können wir aber aus den Zeitpunkten t und Orten s gut berechnen. Schliesslich lautet eine Formel zur **gleichmässig beschleunigten Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit** (gmbBoA):

   $$s = \frac{a}{2}\,t^2 \qquad \text{resp.} \qquad a = \frac{2s}{t^2} \tag{1}$$

   Das bedeutet, wir können zwei Beschleunigungen a berechnen, einmal a_{12} vom Start (L_1) bis L_2 und einmal a_{13} vom Start (L_1) bis L_3. Berechnen Sie diese Beschleunigungen in *Excel*!

   Aufgepasst! Die Zeit t in Gleichung (1) steht für die Zeitspanne, die vom Start bis zur Passage einer Lichtschranke vergeht. Diese Zeitspannen sollten Sie vorab berechnen: $\Delta t_{12} = t_2 - t_1$ und $\Delta t_{13} = t_3 - t_1$. Im Auswertungsfile sind für diese Berechnungen Zellen reserviert.

3. Sind Sie mit dem Resultat zufrieden? Liegen Ihnen die beiden Beschleunigungswerte genug nahe beieinander? Woran könnte es liegen, wenn dies nicht der Fall ist?

Theoretische Nachbereitung

Überlegen Sie sich zum Schluss noch die folgende Frage – ganz theoretisch. Angenommen, es liegt ganz exakt eine gleichmässig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit vor. Δs_{12} sei die Distanz zwischen Start und zweiter Lichtschranke und von der zweiten Lichtschranke bis zur dritten Lichtschranke vergeht exakt gleich viel Zeit wie von der ersten Lichtschranke am Start bis zur zweiten Lichtschranke. Wie muss unter diesen Voraussetzungen die Distanz Δs_{23} zwischen der zweiten und der dritten Lichtschranke sein im Vergleich mit Δs_{12}?