

### 3. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 13/14)

#### Kinematik

Abgabe am 07./08.11.2013 in den Übungen

Name(n): \_\_\_\_\_ Gruppe: \_\_\_\_\_ Punkte: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

#### 3.1 Michelson und Morley in Heidelberg (25 Punkte)

Einer ziemlich erfundenen Anekdote zu Folge trafen sich der 23 jährige Physiker Michelson und der etwas ältere Chemiker Morley im Jahr 1875 zufällig auf einem Kongress in Heidelberg. Während des Konferenzdiners fiel ihnen auf, dass sie beide gute Schwimmer waren und in ruhigem Gewässer die Strecke von 100 m in etwa einer Minute zurücklegen konnten. Es kam ihnen die Idee eines Wettschwimmens bei der Neckarbrücke (die heute „alte Brücke“ heißt). An dieser Stelle ist der Neckar etwa  $w = 150$  m breit. Als Schlitzohr Michelson erahnte, dass der ältere Morley nur ungern bei starker Strömung durch den Neckar schwimmen mag, schlug er zwei unterschiedliche Routen vor. Er selbst würde es auf sich nehmen, den Neckar bei der aktuellen Fließgeschwindigkeit von  $v_N = 600 \frac{\text{m}}{\text{h}}$  auf einer geraden Linie senkrecht zum Ufer ( $y$ -Richtung) zu durchqueren. Morley solle in Ufernähe die äquivalente Strecke  $w$  parallel zum Ufer flussabwärts ( $x$ -Richtung) und zurück zurücklegen. Kurze Zeit später sprangen sie auf der Altstadt-Seite ins Wasser.

Beantworten Sie die folgenden Fragen unter der Annahme, dass beide Schwimmer auch nach dem Dinner ihre gewohnte Schwimmleistung konstant zeigten und dass die Fließgeschwindigkeit des Neckars auf der gesamten Breite konstant war. Benutzen Sie die Galilei-Transformation.

- Welche Zeit benötigte Morley für seine Strecke? Welche Geschwindigkeiten (vom Ufer aus gesehen) hatte er auf der Strecke?
- Mit welcher Geschwindigkeit  $\vec{v}' = (v'_x, v'_y)$  bezüglich des Neckarwassers musste Michelson auf dem Hinweg schwimmen?
- Welche Zeit benötigte Michelson für seine Strecke?
- Ging der Plan des Schlitzohrs auf?
- Warum trafen sich in dieser doch recht erfundenen Geschichte „Michelson“ und „Morley“ und nicht z.B. „Haber“ und „Born“?

#### 3.2 Humanzentrifuge (25 Punkte)

(\*) Eine Zentrifuge, die zum Training von Astronauten und Piloten verwendet wird, besteht aus einem rotierenden Arm und einer an dessen Ende befestigten Kapsel, die sich auf einer horizontalen Kreisbahn bewegt. Zunächst rotiert die Zentrifuge mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit von  $2.9 \text{ rad/s}$ . Ein Proband erfährt dabei eine Zentripetalbeschleunigung von  $2.6 g$ . In einem zweiten Training wird die Zentrifuge aus der Ruhelage mit konstanter Winkelbeschleunigung hochgefahren. Zu dem Zeitpunkt, in dem die Zentrifuge eine Winkelgeschwindigkeit von  $2.9 \text{ rad/s}$  erreicht, erfährt der Proband eine Gesamtbeschleunigung von  $5.3 g$ .

- Wie lang ist der Arm der Zentrifuge?
- Wie groß ist die Winkelbeschleunigung im zweiten Training?

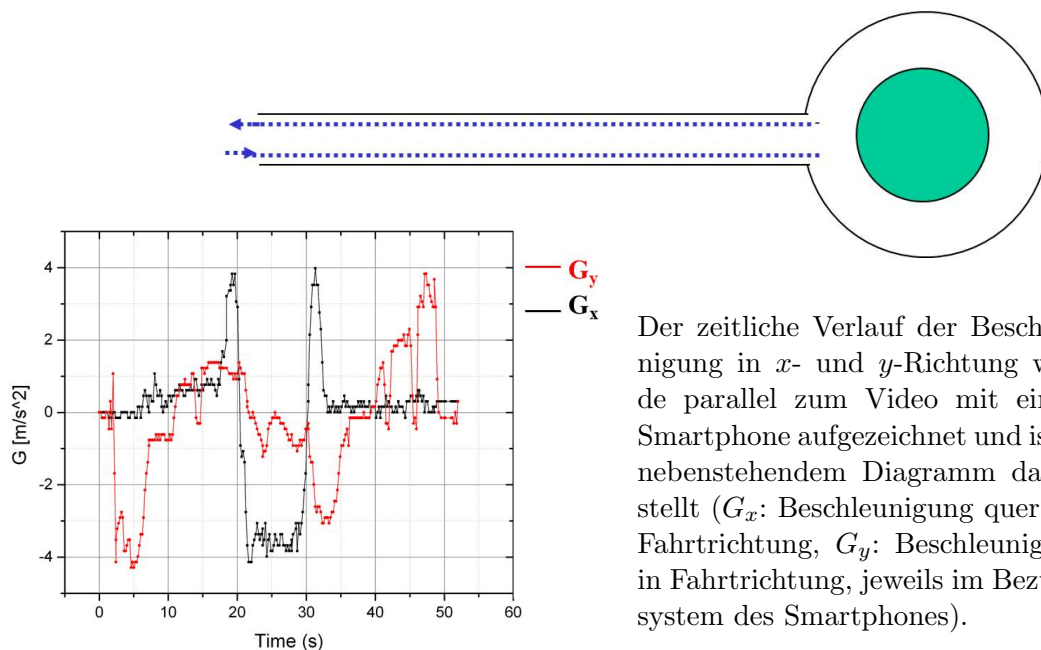
### 3.3 Radrennbahn (25 Punkte)

Es soll eine kreisförmige Radrennbahn gebaut werden, bei der abzusehen ist, dass die Radrennfahrer sich bevorzugt auf einem Radius von  $R = 50\text{ m}$  um das Zentrum der Rennbahn bewegen werden. Damit die Radfahrer bei glatter Fahrbahn nicht nach außen wegrutschen, wird die Fahrbahn nach außen hin linear überhöht (Steilwandkurve).

- Fertigen Sie eine Querschnittsskizze der Rennbahn mit punktförmigem Radfahrer (inkl. Fahrrad) und den auftretenden Kräften an.
- Berechnen Sie den optimalen Überhöhungswinkel  $\alpha$ , bei dem ein Radfahrer der mit konstanter Geschwindigkeit  $v = 36\text{ km/h}$  fährt, auch bei glatter Fahrbahn nicht wegrutscht.

### 3.4 Im Kreisverkehr (25 Punkte)

Im Moodle finden Sie ein Video, auf dem eine Autofahrt mit folgendem Streckenverlauf zu sehen ist: Auf halbwegs gerader Strecke wird aus dem Stand beschleunigt und nach ca. 150 m in einen Kreisverkehr eingefahren. Nach einer Runde im Kreisverkehr ( $360^\circ$ ) geht es wieder zurück zum Ausgangspunkt, wo die Fahrt auch endet (siehe Skizze).



Der zeitliche Verlauf der Beschleunigung in  $x$ - und  $y$ -Richtung wurde parallel zum Video mit einem Smartphone aufgezeichnet und ist in nebenstehendem Diagramm dargestellt ( $G_x$ : Beschleunigung quer zur Fahrtrichtung,  $G_y$ : Beschleunigung in Fahrtrichtung, jeweils im Bezugssystem des Smartphones).

- Ordnen Sie mit Hilfe des Videos die Beschleunigungsphasen im Diagramm den Streckenabschnitten zu.
- Zeichnen Sie in die Skizze Beschleunigungsvektoren ein und ordnen Sie diese den Zuständen „Anfahren, Bremsen, Kreisverkehr, etc.“ zu. Die  $x$ -Komponente der Beschleunigung soll als *Zentripetal*beschleunigung behandelt werden.
- Berechnen Sie den Radius des Kreisverkehrs sowie die Geschwindigkeit beim Durchfahren des Kreisverkehrs aus Beschleunigung und Zeit im Kreisverkehr.
- Stellen Sie sich vor, Sie fahren die Strecke mit dem Fahrrad und befestigen das Smartphone mit gleicher Ausrichtung auf dem Gepäckträger. Welche Beschleunigungen misst es *im* Kreisverkehr (ohne Ein- und Ausfahrt)? Sie können qualitativ (anhand einer Skizze) argumentieren, es ist keine Rechnung nötig.
- Optional, bis zu 10 Extrapunkte: Schätzen Sie anhand der gemessenen Beschleunigungen den Verlauf der Geschwindigkeit und die gefahrene Strecke ab. Stimmt die angezeigte Geschwindigkeit bei  $t = 39\text{ s}$ ? Welche Wegdifferenz zum Startpunkt ergibt sich? Was sind mögliche Fehlerquellen? Die gemessenen Daten finden Sie im Moodle – es empfiehlt sich, die Auswertung zu automatisieren (Tabellenkalkulationsprogramm, Python, ...).