

# ÜBUNGSAUFGABEN

ZUR

## PHYSIK

KAPITEL M  
**MECHANIK**



hochschule mannheim

**Institut für Energie- und Umwelttechnik**  
Prof. Dr. Wolfgang Kohl

IEUT  
10/05  
Kohl

Bewegung auf gerader Bahn: Geschwindigkeit, Beschleunigung

1. Ein Fahrzeug wird in 2 s auf einer Strecke von 12 m bei gleichmäßigem Bremsen zum Stillstand gebracht.  
Welche Anfangsgeschwindigkeit besaß es und welche Verzögerung wurde dabei von den Bremsen erzeugt? (12 m/s; -6 m/s<sup>2</sup>)
2. Um mit einer Rolltreppe von einem Stockwerk zum anderen zu fahren benötigt man  $t_1 = 15$  s. Um über eine stehende Rolltreppe zu gehen benötigt man  $t_2 = 45$  s.  
Wie lange braucht man auf der laufenden Rolltreppe? (11,25 s)
3. Die besten Läufer legen 100 m in 10 s zurück. Welche Beschleunigung ist dabei notwendig und welche maximale Geschwindigkeit erreicht ein Läufer, wenn er seinen Lauf zunächst auf einer Strecke von 10 m gleichmäßig beschleunigt und dann den Rest der Strecke mit der erreichten Geschwindigkeit zum Ziel läuft? (11 m/s; 6,05 m/s<sup>2</sup>)
4. Ein Fahrzeug bremst gleichmäßig und vermindert dadurch seine Geschwindigkeit auf einer Strecke von 80 m von 50 km/h auf 30 km/h.  
Welche Strecke benötigt das Fahrzeug noch, um beim gleichmäßigen Fortsetzen des Bremsens zum Stehen zu kommen? (45 m)
5. Ein Fahrzeug legt die erste Hälfte a) seiner Fahrzeit, b) seines Weges mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 40$  km/h zurück, die zweite Hälfte mit  $v_2 = 60$  km/h.  
Wie groß sind in beiden Fällen die mittlere Geschwindigkeit? (50 km/h; 48 km/h)
6. Ein Pkw folgt einem Lkw im Abstand von 20 m mit der gleichen Geschwindigkeit von 63 km/h. Der Pkw hat eine Länge von 5 m, der Lkw eine von 10 m. Um den Lkw zu überholen, beschleunigt der Pkw mit 0,5 m/s<sup>2</sup> auf 81 km/h. Dann fährt er mit dieser Geschwindigkeit noch so lange auf der Überholspur, bis er beim Zurückkehren auf die rechte Fahrbahn vom Lkw einen Abstand von 20 m hat.  
Welche Strecke und Zeit benötigt der Pkw zum Überholen? (335 m; 16 s)
7. Berechnen Sie die Tiefe eines Schachtes aus der Zeit  $t = 3,55$  s zwischen dem Loslassen eines Steines und dem Wahrnehmen seines Aufschlages auf dem Boden des Schachtes (Schallgeschwindigkeit  $c = 340$  m/s) (56,2 m)
8. Ein Fahrzeug beschleunigt aus dem Stand mit 1 m/s<sup>2</sup>. Die Beschleunigung sinkt linear mit der Zeit in 20 s um 0,3 m/s<sup>2</sup>.
  - a) Wie groß ist die Geschwindigkeit nach 1 min? (33 m/s)
  - b) Welchen Weg hat das Fahrzeug in 1 min zurückgelegt? (1260 m)
9. Ein Straßenbahnzug fährt aus der Ruhe an, wobei die Beschleunigung vom Anfangswert  $a_0 = 1$  m/s<sup>2</sup> in  $t = 15$  s nach der Gleichung  $a = a_0 - C \cdot t^2$  auf Null absinkt.
  - a) Ermitteln Sie  $a = a(t)$ ,  $v = v(t)$  und  $s = s(t)$ .
  - b) Welche Endgeschwindigkeit erreicht der Zug nach  $t = 15$  s und wie groß ist dann die zurückgelegte Wegstrecke  $s$ ? (10 m/s; 93,7 m)

10. a) Wie unterscheidet sich am Beispiel der Erdbeschleunigung die Darstellung der Vektorgröße, der Koordinaten und des Betrages?  
 b) Berechne die Länge der Vektoren  $a = 3i + 2j + 5k$ ,  $b = 4i + 3j + 6k$ , ihre Summe  $c = a + b$  sowie das Skalarprodukt  $d = a \cdot b$  und Kreuzprodukt  $e = a \times c$ . (a=6,16; b=7,81; c = 7i + 5j + 11k; d=48; e = -3i + 2j + 1k)

### Superpositionsprinzip

11. Vom Rande eines Tisches falle eine Kugel senkrecht nach unten; eine zweite Kugel rolle horizontal mit der Geschwindigkeit  $v = 3 \text{ m/s}$  über die Tischkante hinaus. Der Tisch hat die Höhe  $h = 1,25 \text{ m}$ . (Rechne mit  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )  
 a) Welche Kugel trifft als erste auf den Fußboden?  
 b) Wann treffen die Kugeln auf den Fußboden?  
 c) Wie weit gelangt Kugel 2 in waagrechter Richtung? (1,5 m)  
 d) Wie groß ist ihre Momentangeschwindigkeit beim Auftreffen? (5,8 m/s)  
 e) Unter welchem Winkel trifft sie auf? (31°)  
 f) Eine dritte Kugel gleite von diesem Tisch reibungsfrei auf einer schiefen Ebene ( $\alpha = 30^\circ$ ) hinab. Wann kommt sie unten an? (1 s)
12. Von einem Turm der Höhe  $h = 10 \text{ m}$  wird eine kleine Stahlkugel mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 5 \text{ m/s}$  senkrecht nach oben geworfen.  
 a) Wann erreicht die Stahlkugel den Scheitelpunkt? (0,51 s)  
 b) Wie hoch liegt der Scheitelpunkt? (11,27 m)  
 c) Wie groß ist die Flugzeit der Kugel bis zur Erde? (2,03 s)  
 d) Mit welcher Geschwindigkeit trifft die Kugel auf die Erde? (14,9 m/s)  
 e) Zeichne die  $y,t$ -,  $v,t$ - und  $a,t$ -Diagramme.
13. Ein Boot setzt mit der Geschwindigkeit  $v = 1,5 \text{ km/h}$  senkrecht zum Ufer über einen 30 m breiten Fluss. Die Strömung treibt es dabei 16 m ab.  
 a) Wie lange dauert die Überfahrt? (72 s)  
 b) Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses? (0,8 km/h)  
 c) Unter welchem Winkel muss gegengesteuert werden, um auf kürzestem Weg das gegenüberliegende Ufer zu erreichen? Wie lange dauert dann die Überfahrt? (32°, 85 s)  
 d) Unter welchem Winkel muss man steuern, um in der kürzesten Zeit das andere Ufer zu erreichen? Wie lange dauert dann die Überfahrt?  
 e) Berechne den Abtrieb des Bootes bei senkrechter Überquerung des Flusses, wenn die Strömungsgeschwindigkeit über die Flussbreite nicht konstant ist, sondern nach der Funktion  $v_F(x) = v_m (1 - 4x^2 / b^2)$  vom Maximalwert  $v_m = 0,5 \text{ m/s}$  in der Flussmitte ( $x = 0$ ) auf Null am Ufer ( $x = \pm b/2$ ) abfällt. (24 m)
14. Ein Flugzeug hat eine Reisegeschwindigkeit von 600 km/h. Es führt fahrplanmäßig Hin- und Rückflüge zwischen den Städten A und B aus, die 1200 km voneinander entfernt sind. Wie lange dauert ein Hin- und Rückflug zusammen  
 a) an einem Tag mit Windstille  
 b) an einem Tag, an dem der Wind mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h von A nach B weht  
 c) an einem Tag mit Seitenwind von 100 km/h senkrecht zur Flugstrecke?(4,06)  
 d) an einem Tag mit Seitenwind von 100 km/h unter 45° von B nach A? (4,09 h)

15. Ein Flugzeug fliegt in 44,2 m Höhe waagrecht mit der Geschwindigkeit 180 km/h über eine Wasserfläche. Die Besatzung schleudert ebenfalls waagrecht, aber quer zur Flugrichtung mit der Geschwindigkeit 20 m/s ein Rettungsgerät weg.
- Wie lauten der Ortsvektor und Geschwindigkeitsvektor als Funktion der Zeit?
  - An welchem Ort (Abwurfort als Koordinatenursprung) und mit welcher Geschwindigkeit trifft das Gerät auf die Wasseroberfläche auf? (61,4 m/s)
  - Wie viel Prozent der Fallbeschleunigung beträgt beim Aufprall die Normalbeschleunigung? (88 %)
16. Eine Kugel wird zur Zeit  $t = 0$  mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 30$  m/s unter dem Winkel  $\alpha = 60^\circ$  gegen die Horizontale abgeschossen.
- Wie lauten die vektoriellen Ausdrücke für  $\vec{r}(t), \vec{v}(t), \vec{a}(t)$  ?
  - Wie lautet der Ortsvektor  $\vec{r}$  für die Kugel zur Zeit  $t_1 = 2$  s ? (30,0m; 32,3m)
  - Wie groß sind der Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit  $v$  zur Zeit  $t_1$ ? (16,3 m;  $23^\circ$ )
  - Wie groß sind die Normal- und Tangentialbeschleunigung zur Zeit  $t_1$ ? (9,03 m/s<sup>2</sup>; 3,83 m/s<sup>2</sup>)
  - Zu welchem Zeitpunkt  $t_2$  erreicht die Kugel den Scheitel S? (2,65 s)
  - Wie groß ist der Krümmungsradius  $R_s$  der Wurfparabel im Scheitel?(22,9 m)
  - Wie weit fliegt die Kugel schließlich, bis sie auf den Boden fällt? (79,5 m)
17. Welche Weite kann ein Kugelstoßer maximal erzielen, wenn er eine Kugel aus 1,90 m Höhe mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 16$  m/s abstößt ? Unter welchem Winkel muss er die Kugel abstoßen? Stelle dabei zuerst die Gleichung der Bahnkurve  $z = f(x)$  für den schiefen Wurf auf. (27,93 m;  $43,05^\circ$ )

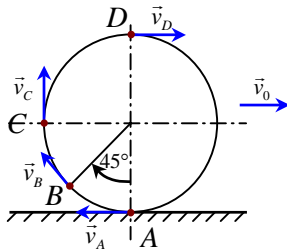
### Bewegung auf einer Kreisbahn und gekrümmten Bahn

18. Ein Pendel der Länge 1 m beschreibt eine Schwingung mit 20 cm langem Bogen. Gib den überstrichenen Winkel  $\varphi$  im Bogen- und Gradmaß an. (0,2 rad;  $11,46^\circ$ )
19. a) Für die gleichförmige Kreisbewegung berechne man in allgemeiner Form die x- und y-Komponente des Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektors in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  sowie den Betrag beider Vektoren.  
 b) Der Radius sei  $r = 1$  m und die Winkelgeschwindigkeit  $\omega = 1$  rad/s. Berechne die Komponenten beider Vektoren für die Zeitpunkte  $t = 0, T/4, T/2, 3T/4$  und treffe eine allgemeine Aussage über die Richtung der Vektoren.  
 $(v_x = 0; -1; 0; 1$  m/s;  $v_y = 1; 0; -1; 0$  m/s;  $a_x = -1; 0; 1; 0$  m/s<sup>2</sup>;  
 $a_y = 0; -1; 0; 1$  m/s<sup>2</sup>;  $v = 1$  m/s;  $a = 1$  m/s<sup>2</sup>)
20. Ein Schwungrad  $R = 2$  m dreht mit einer Drehzahl von 3600 U/min. Danach wird es abgeschaltet und kommt bei gleichmäßiger Bremsung nach 100 s zum Stehen.
- Wie groß sind die Winkel- und Umfangsgeschwindigkeit sowie die Radialbeschleunigung? (377 rad/s; 754 m/s; 284258 m/s<sup>2</sup>)
  - Wie groß sind die Winkel- und Tangentialbeschleunigung bei voller Drehzahl und beim Abbremsen? (0; 0; -3,8 rad/s<sup>2</sup>; -7,6 m/s<sup>2</sup>)
  - Wie viele Umdrehungen macht es bis zum Stillstand? (3000)

21. Ein Eisenbahnzug fährt mit gleichmäßiger Tangentialbeschleunigung auf einem Kreisbogen mit dem Radius 2 km. Dabei legt er die Strecke 1200 m zurück. Zu Beginn der betrachteten Bewegung hat der Zug die Geschwindigkeit 30 km/h, am Ende 100 km/h.
- Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang? (66,46 s)
  - Wie groß ist die Tangentialbeschleunigung? (0,29 m/s<sup>2</sup>)
  - Berechne die Winkelbeschleunigung. (1,46\*10<sup>-4</sup> rad/s<sup>2</sup>)
  - Wie groß ist die Zentripetalbeschleunigung zu Beginn und am Ende des Vorgangs? (0,037 m/s<sup>2</sup>; 0,386 m/s<sup>2</sup>)

22. Welche Zeit vergeht, bis zwei Uhren wieder gleichzeitig 12 Uhr anzeigen, wenn die eine je Minute um 1,5 s vorgeht? (20 d)

23. Die Erde (R = 6.370 km) benötigt für eine vollständige Umdrehung die Zeit T = 86.163 s (ein Sternentag)
- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit der Erde und in welche Richtung zeigt dieser Vektor? (7,3\*10<sup>-5</sup> rad/s)
  - Wie groß ist die Umfangsgeschwindigkeit am Äquator und in Mannheim ( $\varphi = 48^\circ 45'$ )? (1.674 km/h; 1.104 km/h)
  - Wie groß ist die Zentripetalbeschleunigung am Äquator und in Mannheim? (3,4\*10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup>; 2,2\*10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup>)

24. Ein Kraftfahrzeug fährt mit  $v_0 = 20$  m/s auf einer Geraden. Welche Relativgeschwindigkeiten haben die Umfangspunkte A, B, C und D des Rades in Bezug auf
- das Fahrzeug (20 m/s)
  - auf die Straße. (0; 15,3 m/s; 28,3 m/s; 40 m/s)
- 

25. Ein Rad mit 1 m Durchmesser wird gleichmäßig beschleunigt. 5 Sekunden nach dem Anlaufen ist für einen Punkt des Umfangs die Radialbeschleunigung gleich der Tangentialbeschleunigung. Wie groß sind in diesem Moment die Winkelgeschwindigkeit, Radial-, Tangential- und die Gesamtbeschleunigung? (0,2 rad/s; 0,020 m/s<sup>2</sup>; 0,028 m/s<sup>2</sup>)

26. Ein Autoreifen mit dem Radius  $r = 0,28$  m rollt auf einer Ebene mit  $v_0 = 100$  km/h. Die Bewegung eines Punktes auf der Lauffläche soll diskutiert werden und zwar
- Vom Standpunkt eines mitfahrenden Beobachters, wo der Punkt eine Kreisbahn beschreibt
    - Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ ? (99,2 s<sup>-1</sup>)
    - Wie groß ist die Beschleunigung  $a$  des Punktes und welche Richtung hat sie? (2756 m/s<sup>2</sup>)
    - Wie groß sind die Drehzahl  $n$  und Periodendauer  $T$ ? (947 /min; 63 ms)
  - Vom Standpunkt eines Beobachters auf der Straße, wo der Punkt eine Zykloide beschreibt. Die Parameterdarstellung der Zykloide lautet:  $x = r(\omega t - \sin \omega t)$  und  $y = r(1 - \cos \omega t)$ .
    - Wie lautet der Vektor der Geschwindigkeit? Welchen Betrag und welche Richtung hat  $v$  in den Umkehrpunkten, in  $t = T/4$  und in den Scheitelpunkten? (0; 141 km/h; 45°; 200 km/h)
    - Wie lautet der Vektor der Beschleunigung?
    - Wie groß ist der Krümmungsradius der Zykloide im Scheitel? (1,12 m)