PROFESSOR ERKLÄRBÄR

Serie Physik · Folge 2 · Advanced

PHYSIK

LEHRERINFO ZUM VIDEO

Newtons Gesetze und die Dynamik

FACH	STUFE	DAUER	VIDEO
Physik	Gymnasium · Sek II (Matura/Abitur)	15 min	youtube.com/@Erklaerbaer

01 Lernziele

Nach dem Video können die Schülerinnen und Schüler …

- die drei Newtonschen Axiome exakt formulieren, das Trägheitsprinzip auf Inertialsysteme beziehen und $\boldsymbol{F}_{res} = \boldsymbol{m} \cdot \boldsymbol{a}$ als Vektorgleichung anwenden,
- Wechselwirkungspaare (an verschiedenen Körpern) von Kräften im Gleichgewicht (am selben Körper) unterscheiden,
- Freikörperbilder zeichnen und ein passendes Koordinatensystem wählen,
- Kräfte mit Sinus und Kosinus zerlegen und rechtwinklige Komponenten mit Pythagoras addieren,
- Aufgaben zur schiefen Ebene mit und ohne Reibung lösen ($\boldsymbol{F}_H = \boldsymbol{m}\cdot\boldsymbol{g}\cdot\sin\alpha$, $\boldsymbol{F}_N = \boldsymbol{m}\cdot\boldsymbol{g}\cdot\cos\alpha$, $\boldsymbol{F}_R = \mu\cdot\boldsymbol{F}_N$) und den Grenzwinkel $\tan\alpha = \mu_H$ begründen,
- die Normalkraft im beschleunigten Lift berechnen ($\boldsymbol{F}_N = \boldsymbol{m} \cdot (\boldsymbol{g} \pm \boldsymbol{a})$).

02 Voraussetzungen

Folge 2 Grundlagen („Kräfte: Warum sich Dinge bewegen“): Kraftpfeile, Trägheit, Reibung, $\boldsymbol{F} = \boldsymbol{m} \cdot \boldsymbol{a}$ mit einfachen Zahlen. Folge 1 Advanced: Bewegungsgleichungen (für Aufgabe 4). Mathematisch: Sinus, Kosinus, Tangens im rechtwinkligen Dreieck, Pythagoras, Gleichungen umstellen. Gerechnet wird mit $\boldsymbol{g} = 9{,}81\ m/s^2$. Kreisbewegung und Drehmoment folgen in Folge 3 Advanced, Impuls und Kraftstoss in Folge 5 Advanced.

03 Ablauf des Videos

ZEIT	KAPITEL	INHALT UND PRAXISBEISPIEL
0:00	Einstieg	Personenwaage im anfahrenden Lift: 60 kg → 69 kg – lügt die Waage? · Ident · Serien-Fahrplan (Mini-Wasserturbine)
0:47	Was du brauchst	Wiederholung aus 02G: Kraftpfeile, resultierende Kraft, Trägheit, Reibung, 100 N auf 50 kg → 2 m/s^2

1:25	Drei Axiome	Trägheitsprinzip und Inertialsystem (Ball im anfahrenden Bus) · Aktionsprinzip als Vektorgleichung · Wechselwirkung an verschiedenen Körpern · Rakete
2:45	Das Freikörperbild	Becher auf dem Tisch: $\boldsymbol{F}_G$, $\boldsymbol{F}_N$ · Gleichgewicht ≠ Wechselwirkungspaar · Gegenkräfte an Erde und Tisch · Koordinatensystem an der Rampe
3:39	Kräfte zerlegen und addieren	Kräfteparallelogramm · Rollkoffer: 80 N unter 40° → 61 N und 51 N · Pythagoras als Kontrolle PAUSE-FRAGE
5:06	Die schiefe Ebene	Hangabtrieb mit sin, Normalkraft mit cos, Probe mit 0° · Rollstuhlrampe ≤ 6 % PAUSE-FRAGE 10 kg, 30° → 4,9 m/s²
6:32	Reibung an der Rampe	$\boldsymbol{F}_R = \mu \cdot \boldsymbol{F}_N$, Gummi/Asphalt · Kiste 20 kg, 25°, μ_G = 0,30 → 1,5 m/s² · Grenzwinkel: Handy auf dem Buch, phyphox
8:06	Lift und Waage	$\boldsymbol{F}_N = \boldsymbol{m}(\boldsymbol{g} \pm \boldsymbol{a})$: 69 kg / 51 kg / 0 kg im freien Fall PAUSE-FRAGE
9:40	Turbinen-Baustein 2	Wasserstrahl auf eine Platte auf der Küchenwaage: 0,071 kg/s · 5,7 m/s ≈ 0,40 N ≈ 41 g · Löffelschaufel fast doppelt
10:46	Prüfungsfallen	vier typische Fallen (siehe 04)
11:33	Zusammenfassung	fünf Kernaussagen · Auflösung des Einstiegs
12:06	Quiz	4 Fragen · Endkarte Folge 3 Advanced

04 Fehlvorstellungen und Prüfungsfallen

- „Gewichtskraft und Normalkraft sind ein Wechselwirkungspaar.“ – Beide greifen am selben Körper an; die Gegenkraft zur Gewichtskraft zieht an der Erde (Kapitel 3, 9, Quiz).
- Sinus und Kosinus an der schiefen Ebene vertauscht – Probe mit α = 0°: $\boldsymbol{F}_H$ muss null sein (Kapitel 5, 9).
- „Die Normalkraft ist immer $\boldsymbol{m} \cdot \boldsymbol{g}$.“ – Nicht an der Rampe, nicht im Lift, nicht beim schrägen Ziehen (Kapitel 4, 5, 7, 9).
- „Die Haftreibung ist immer $\mu_H \cdot \boldsymbol{F}_N$.“ – Das ist der Höchstwert; sonst ist sie genau so gross wie nötig (Kapitel 6, 9, Aufgabe 5).
- „Die Waage misst die Masse.“ – Sie misst die Normalkraft und rechnet mit 9,81 N/kg um (Kapitel 7).
- „Ohne Luft kann sich eine Rakete nicht abstossen.“ – Sie stösst ihre eigenen Gase ab (Kapitel 2).

05 Einsatz im Unterricht

Einstieg: Die Lift-Frage schätzen lassen; wenn möglich mit einer Personenwaage im Schullift nachmessen (Video der Anzeige mit dem Handy).

Erarbeitung: Kapitel 3–5 mit den Pause-Fragen; Freikörperbilder an der Tafel, Aufgabe 2 als Partnerarbeit.

Experiment: Grenzwinkel mit der Neigungsanzeige von phyphox messen (Radiergummi, Handy in Hülle, Holzklotz auf verschiedenen Unterlagen), μ_H bestimmen.

Prüfungsvorbereitung: Kapitel 9 und das Arbeitsblatt (Aufgaben im Stil von Matura-/Abiturprüfungen mit Operatoren).

Sicherheit: Wasser-Experimente (Turbine) fern von Steckdosen und Ladegeräten. Handys beim Grenzwinkel-Versuch nur aus geringer Höhe und über weicher Unterlage rutschen lassen.

06 Quellen

- Newton, I. (1687): Philosophiae Naturalis Principia Mathematica – Axiomata sive leges motus
- Normfallbeschleunigung g_n = 9,806 65 m/s² (CGPM 1901); Einheit Newton: BIPM, SI-Broschüre – bipm.org
- Reibungszahlen (Gummi auf trockenem Asphalt $\mu_H \approx 0{,}7–0{,}9$, nass deutlich weniger): Kuchling, Taschenbuch der Physik, Hanser
- Rampen für Rollstühle höchstens 6 % Steigung: SIA 500 „Hindernisfreie Bauten“ (CH) · DIN 18040-1 (D)
- phyphox, RWTH Aachen: phyphox.org (Neigung, Beschleunigung)
- EDK: Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen (Physik) · KMK: Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (2020)

NAME _____ KLASSE _____ DATUM _____

Newtons Gesetze und die Dynamik

Aufgaben im Stil von Matura- und Abiturprüfungen. Rechne mit $g = 9{,}81\ m/s^2$. Gib jede Rechnung mit Einheiten an und zeichne zu jeder Aufgabe zuerst ein Freikörperbild.

1 Merksätze ergänzen ●○○

F_{res} = _____ – die Summe aller Kräfte auf _____ Körper.

Wechselwirkungskräfte greifen an _____ Körpern an.

Schiefe Ebene: Hangabtrieb mit _____, Normalkraft mit _____.

2 Freikörperbilder: zwei Bücher ●●○

Ein Buch (1,0 kg) liegt auf dem Tisch, ein zweites Buch (0,5 kg) liegt darauf.
a) **Zeichne** die Freikörperbilder beider Bücher und **berechne** alle Kräfte. b) **Benenne** zwei Wechselwirkungspaare und **begründe**, warum F_G und F_N des oberen Buchs keines sind.

3 Schlitten ziehen ●●○

Ein Schlitten (15 kg) wird mit 120 N an einem Seil unter 35° zur Waagrechten gezogen.
a) **Berechne** die waagrechte und die senkrechte Komponente der Zugkraft. b) **Berechne** die Normalkraft und **erkläre**, warum sie kleiner ist als $m \cdot g$.

4 Skateboard-Rampe ohne Reibung ●●○

Eine Skaterin (55 kg) rollt aus dem Stand eine 4,0 m lange Rampe mit 15° hinunter (Reibung vernachlässigt).
a) **Leite $a = g \cdot \sin\alpha$ her** und **berechne** die Beschleunigung. b) **Berechne** ihre Geschwindigkeit am Rampenende (km/h). c) **Begründe**, warum ihre Masse nicht gebraucht wird.

5 Kiste auf der Rampe mit Reibung ●●●

Eine Kiste (30 kg) steht auf einer Rampe mit 20°. $\mu_H = 0{,}45$, $\mu_G = 0{,}35$.
a) **Prüfe** rechnerisch, ob die Kiste liegen bleibt. b) **Gib** die Haftreibungskraft **an**, die tatsächlich wirkt. c) Die Rampe wird auf 30° gestellt. **Berechne** die Beschleunigung der Kiste.

6 Grenzwinkel ●●○

Ein Radiergummi beginnt auf einem gekippten Brett bei 31° zu rutschen.
a) **Leite** $\tan\alpha = \mu_H$ **her**. b) **Berechne** μ_H. c) **Beurteile**, ob ein schwererer Radiergummi aus demselben Material früher rutscht.

7 Lift ●●○

Ein Mann (70 kg) steht im Lift auf einer Personenwaage. **Berechne** die Normalkraft und die Anzeige der Waage, wenn der Lift a) mit 1,2 m/s² nach oben anfährt, b) mit konstanter Geschwindigkeit fährt, c) während der Aufwärtsfahrt mit 1,2 m/s² bremst. d) **Gib an**, wann die Waage null zeigt.

8 Tauziehen ●●●

Das Seil zieht an beiden Teams gleich stark. **Begründe** mit Freikörperbildern beider Teams und dem dritten Axiom, warum trotzdem ein Team gewinnen kann. **Nenne** alle Wechselwirkungspaare.

9 Zwei Klötze ●●●

Klotz A (2,0 kg) und Klotz B (3,0 kg) liegen sich berührend auf einem reibungsfreien Tisch. Eine Kraft von 10 N schiebt A gegen B.
a) **Berechne** die Beschleunigung. b) **Berechne** die Kraft, die A auf B ausübt, und **gib** ihr Gegenstück **an**. c) **Überprüfe** das Ergebnis mit dem Freikörperbild von A.

10 Turbine: Kraft des Strahls ●●○

Mit grösserer Fallhöhe fliesst 1,0 L Wasser in 10 s aus der Düse, der Strahl ist 7,0 m/s schnell.
a) **Berechne** die Kraft auf eine flache Platte und die Mehranzeige der Küchenwaage. b) **Schätze** die Kraft auf eine Löffelschaufel **ab** und **begründe**.

11 Quiz aus dem Video – kreuze an ●○○

a) F_G, F_N Wechselwirkungspaar? ☐ ja ☐ nein ☐ nur in Ruhe

b) freier Fall, Waage ☐ 0 ☐ normales Gewicht ☐ doppelt

c) $F_H = F_N$ bei ☐ 30° ☐ 45° ☐ 60°

d) $\mu_H = 0{,}5 \rightarrow$ Grenzwinkel ☐ ≈ 27° ☐ 30° ☐ 45°

Lösungen

1 Merksätze

$m \cdot a$, einen · verschiedenen · sin, cos

2 Zwei Bücher

Oberes Buch: $F_G = 4{,}9$ N nach unten, Normalkraft vom unteren Buch 4,9 N nach oben. Unteres Buch: $F_G = 9{,}8$ N nach unten, Druckkraft des oberen Buchs 4,9 N nach unten, Normalkraft vom Tisch 14,7 N nach oben. Wechselwirkungspaare: oberes Buch drückt aufs untere (4,9 N ↓) ↔ unteres stützt das obere (4,9 N ↑); unteres Buch drückt auf den Tisch (14,7 N ↓) ↔ Tisch stützt das untere (14,7 N ↑); Erde zieht am Buch ↔ Buch zieht an der Erde. F_G und F_N des oberen Buchs greifen am selben Körper an – Gleichgewicht, kein Wechselwirkungspaar.

3 Schlitten

a) $F_x = 120\text{ N} \cdot \cos 35° \approx 98$ N, $F_y = 120\text{ N} \cdot \sin 35° \approx 69$ N. b) $F_N = m \cdot g - F_y = 147\text{ N} - 69\text{ N} \approx 78$ N. Die senkrechte Komponente der Zugkraft hebt den Schlitten teilweise an; der Boden muss weniger tragen.

4 Skateboard-Rampe

a) Entlang der Rampe wirkt nur F_H: $m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin\alpha \Rightarrow a = g \cdot \sin\alpha = 9{,}81 \cdot \sin 15° \approx 2{,}54\text{ m/s}^2$. b) $v = \sqrt{(2 \cdot a \cdot s)} = \sqrt{(2 \cdot 2{,}54 \cdot 4{,}0)} \approx 4{,}5\text{ m/s} \approx 16\text{ km/h}$. c) Die Masse kürzt sich heraus: doppelte Masse heisst doppelte Hangabtriebskraft, aber auch doppelte Trägheit.

5 Kiste mit Reibung

a) $F_H = 30 \cdot 9{,}81 \cdot \sin 20° \approx 101$ N; $F_N = 30 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 20° \approx 277$ N; maximale Haftreibung $0{,}45 \cdot 277\text{ N} \approx 124\text{ N} > 101\text{ N} \rightarrow$ sie bleibt liegen (oder: $\tan 20° \approx 0{,}36 < 0{,}45$). b) Die Haftreibung ist genau so gross wie nötig: ≈ 101 N hangaufwärts, nicht 124 N. c) 30°: $F_H \approx 147$ N, $F_N \approx 255$ N, max. Haftreibung ≈ 115 N < 147 N → sie rutscht. $F_R = 0{,}35 \cdot 255\text{ N} \approx 89$ N; $F_{res} \approx 58$ N; $a = 58\text{ N} : 30\text{ kg} \approx 1{,}9\text{ m/s}^2$.

6 Grenzwinkel

a) Beim Losrutschen gilt $F_H = F_{R,max}$: $m \cdot g \cdot \sin\alpha = \mu_H \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha \Rightarrow \tan\alpha = \mu_H$. b) $\mu_H = \tan 31° \approx 0{,}60$. c) Nein – m kürzt sich heraus; der Grenzwinkel hängt nur von den Oberflächen ab.

7 Lift

a) $F_N = 70 \cdot (9{,}81 + 1{,}2) \approx 771$ N → Anzeige ≈ 79 kg. b) $70 \cdot 9{,}81 \approx 687$ N → 70 kg. c) Bremsen der Aufwärtsfahrt = Beschleunigung nach unten: $70 \cdot (9{,}81 - 1{,}2) \approx 603$ N → ≈ 61 kg. d) Wenn der Lift mit $a = g$ nach unten beschleunigt (freier Fall).

8 Tauziehen

Auf jedes Team wirken die Seilkraft (zur Mitte) und die Haftreibung des Bodens an den Füssen (nach aussen). Die Seilkraft ist für beide gleich. Es gewinnt das Team, bei dem der Boden die grössere Kraft nach aussen liefern kann (mehr Masse, bessere Sohlen, Füsse stemmen). Wechselwirkungspaare: Team zieht am Seil ↔ Seil zieht am Team; Füsse drücken auf den Boden ↔ Boden drückt auf die Füsse; Erde ↔ Teams (Gewichtskraft).

9 Zwei Klötze

a) $a = 10$ N : 5,0 kg = 2,0 m/s². b) $F_{AB} = m_B \cdot a = 3{,}0$ kg · 2,0 m/s² = 6,0 N nach vorne; Gegenstück: B drückt mit 6,0 N nach hinten auf A. c) Auf A: 10 N − 6,0 N = 4,0 N = 2,0 kg · 2,0 m/s² ✓.

10 Turbine

a) Massenstrom 1,0 kg : 10 s = 0,10 kg/s; $F = 0{,}10$ kg/s · 7,0 m/s = 0,70 N; Mehranzeige 0,70 N : 9,81 N/kg ≈ 71 g. b) Der Löffel wirft das Wasser fast in Gegenrichtung zurück: Die Geschwindigkeitsänderung ist bis zu doppelt so gross → bis zu ≈ 1,4 N (genauer mit dem Impuls in Folge 5).

11 Quiz

a) nein b) 0 c) 45° d) ≈ 27°