



# Engaging Physics Tutoring

Clicker Runde

Lektion 6 – Arbeit, Beschl. Bezugssysteme.

# Konzepte

## **Kreisbewegung**

- Es gibt keine Kreisbewegung ohne resultierende Zentripetalkraft. (1)

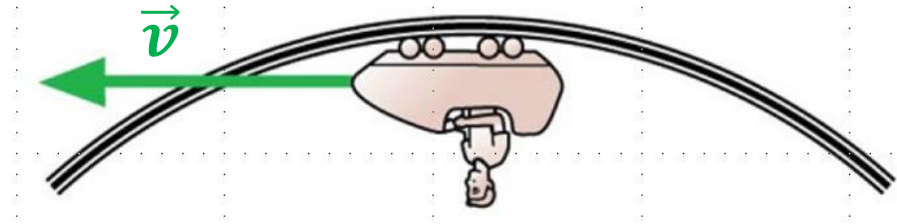
## **Arbeit**

- Die Arbeit ist eine vorzeichenbehaftete Grösse, da sie entlang oder entgegen der Bewegungsrichtung wirken kann. (2)
- Wenn die Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung wirkt, wird keine Arbeit verrichtet. (2,4)
- Bewegungen mit Reibung erfordern zusätzlich auch die Reibungsarbeit. (3)

## **Beschleunigte Bezugssysteme**

- Die Corioliskraft wirkt in einem beschleunigten System, sobald sich ein Körper auf die Drehachse des Systems zubewegt. (6,7,8)
- Die Corioliskraft wirkt auf der Nordhalbkugel immer nach rechts aus Sicht der Bewegungsrichtung. (6,7)

# Frage 1



Eine Achterbahn fährt im Looping. Der Looping ist kreisförmig gebaut. Der Wagen fährt so schnell, dass er es gerade so durch den Looping schafft. Welche Skizze zeigt die Kräfte, welche auf den Wagen im Scheitelpunkt des Loopings wirken? Reibung kann vernachlässigt werden.

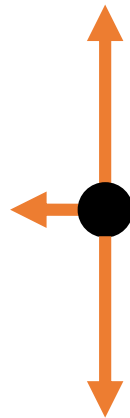
a)



b)



c)



d)



# Frage 1

- a) nicht, da im Scheitelpunkt der Kreisbahn keine Normalkraft wirkt.
- b) nicht, da der Wagen seine Kreisbahn so nicht fortsetzen könnte. Es muss eine Nettokraft nach innen zeigen, damit der Wagen auf einer Kreisbahn bleibt.
- c) nicht, da es keine Kraft in Richtung der Bewegung gibt (ein Achterbahnwagen hat ja keinen Antrieb)
- d) Ja, weil im Scheitelpunkt die Zentripetalkraft vollständig von der Gravitationskraft geliefert wird. In allen anderen Punkten zeigt die Normalkraft genau so, dass  $\vec{F}_{ZP} = \vec{F}_g + \vec{F}_N$ .

Eine Achterbahn fährt im Looping. Der Looping ist kreisförmig gebaut. Der Wagen fährt so schnell, dass er es gerade so durch den Looping schafft. Welche Skizze zeigt die Kräfte, welche auf den Wagen im Scheitelpunkt des Loopings wirken? Reibung kann vernachlässigt werden.

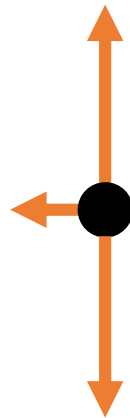
a)



b)



c)



d)



# Frage 2



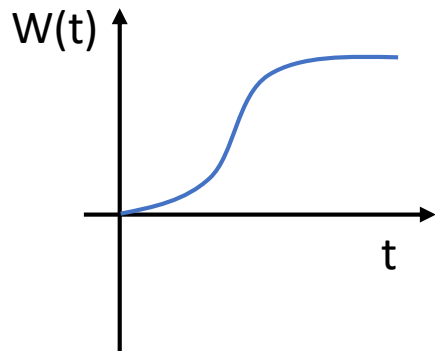
<https://www.businessinsider.fr/us>

Elon Musk hat 2020 zwei Astronauten mit einer seiner SpaceX Raketen zur ISS hochgeschossen. Auf dem Flug wurden folgende Manöver durchgeführt:

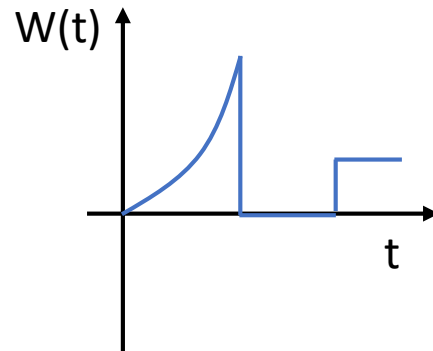
- 1) Von der Erde weg beschleunigt
- 2) Eine Weile in Schwerelosigkeit um die Erde kreisen
- 3) Abbremsen um an der ISS anzudocken

Wie hätte das Diagramm der instantanen Arbeit (also mechanische Arbeit pro Zeit) an der Rakete am ehesten aussehen können?

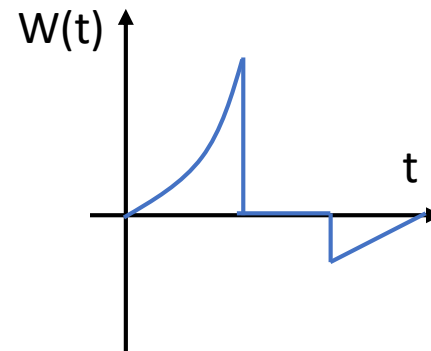
**a)**



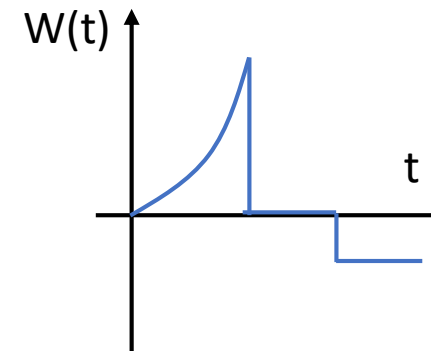
**b)**



**c)**



**d)**



# Frage 2

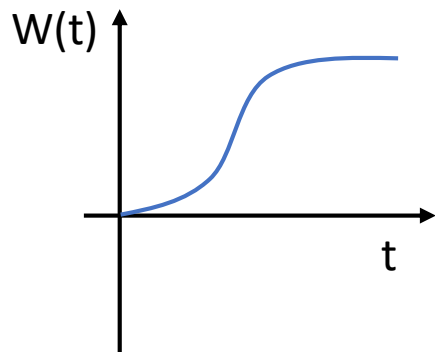
- a) nicht, da in er Umlaufbahn die Kraft  $\vec{F}_g$  senkrecht auf die Bewegungsrichtung zeigt  $\rightarrow$  Arbeit = 0.
- b) nicht, da am Ende beim Bremsen die Arbeit negativ sein muss (Kraft entgegen Bewegung).
- d) nicht, weil die Arbeit mit der Zeit abnehmen muss, da dieselbe Bremskraft zu einer Verlangsamung der Bewegung führt. Pro Zeiteinheit wird also weniger Arbeit geleistet.

Elon Musk hat 2020 zwei Astronauten mit einer seiner SpaceX Raketen zur ISS hochgeschossen. Auf dem Flug wurden folgende Manöver durchgeführt:

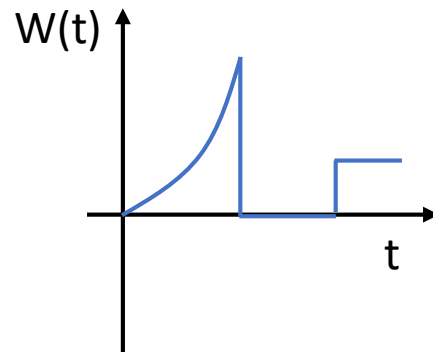
- 1) Von der Erde weg beschleunigt
- 2) Eine Weile in Schwerelosigkeit um die Erde kreisen
- 3) Abbremsen um an der ISS anzudocken

Wie hätte das Diagramm der instantanen Arbeit (also mechanische Arbeit pro Zeit) an der Rakete am ehesten aussehen können?

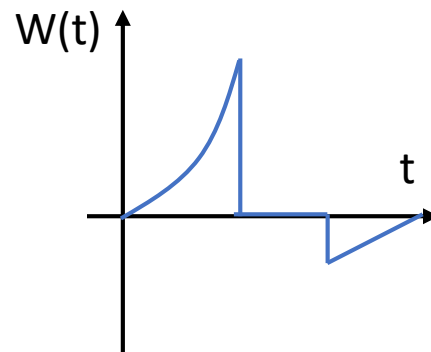
a)



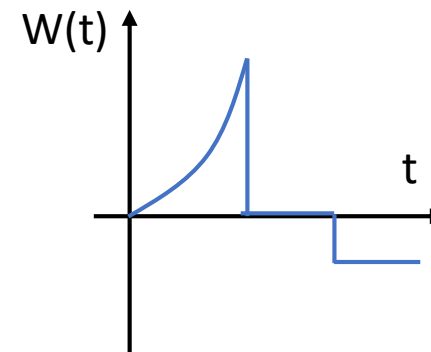
b)



c)

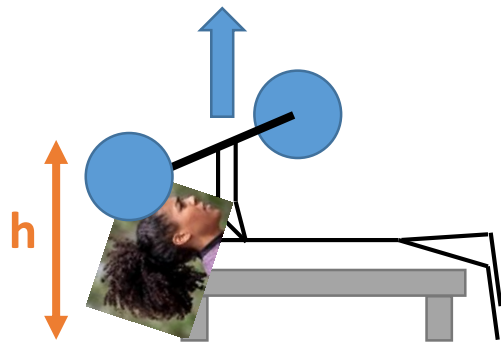


d)

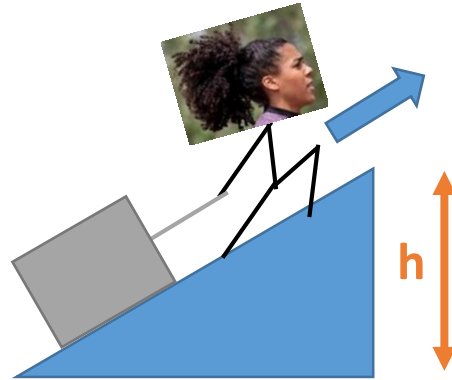


# Frage 3

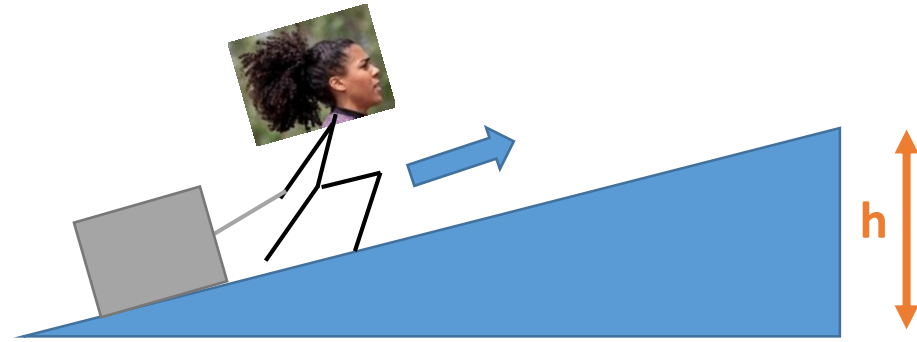
Mujinga Kambundji beim Training. Sortiere die Tätigkeiten nach geleisteter Arbeit (im physikalischen Sinne)! Tipp: Es herrscht Reibung.



1



2



3

a)  $W_1 < W_2 < W_3$

b)  $W_2 = W_3 < W_1$

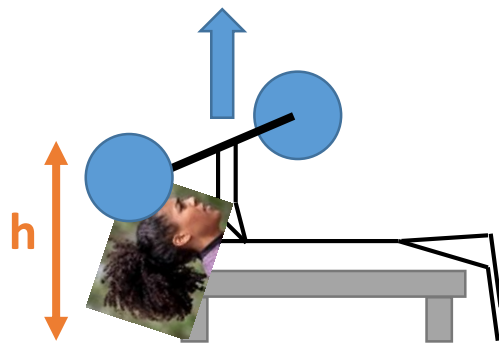
c)  $W_3 < W_2 < W_1$

d)  $W_1 = W_2 = W_3$

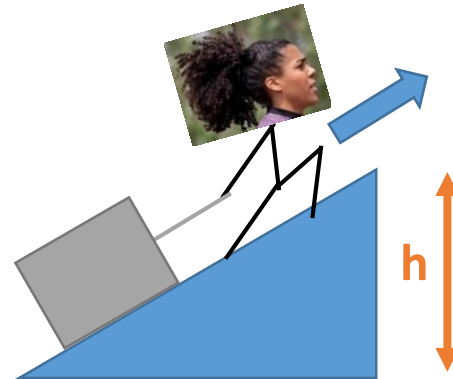
# Frage 3

a) Ist richtig. Die Arbeit gegen das Gravitationsfeld der Erde ist bei allen gleich, aber sie muss zusätzlich auch gegen die Reibung arbeiten. Je länger ihr Weg, desto mehr Reibungsarbeit muss sie zusätzlich leisten.

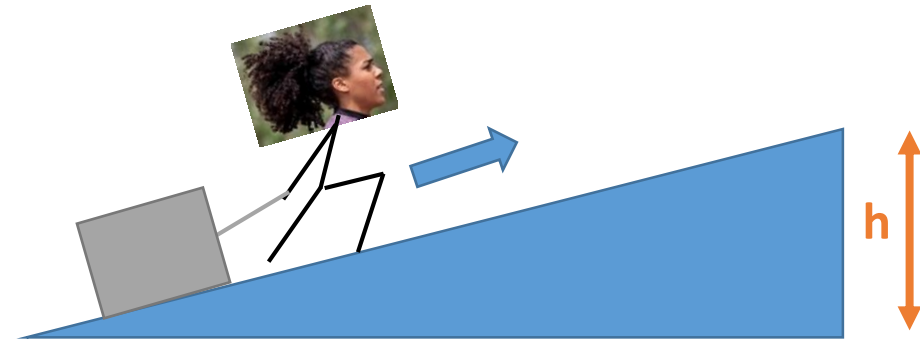
Mujinga Kambundji beim Training. Sortiere die Tätigkeiten nach geleisteter Arbeit (physikalischem Sinne)! Tipp: Es herrscht Reibung.



1



2



3

a)  $W_1 < W_2 < W_3$

b)  $W_2 = W_3 < W_1$

c)  $W_3 < W_2 < W_1$

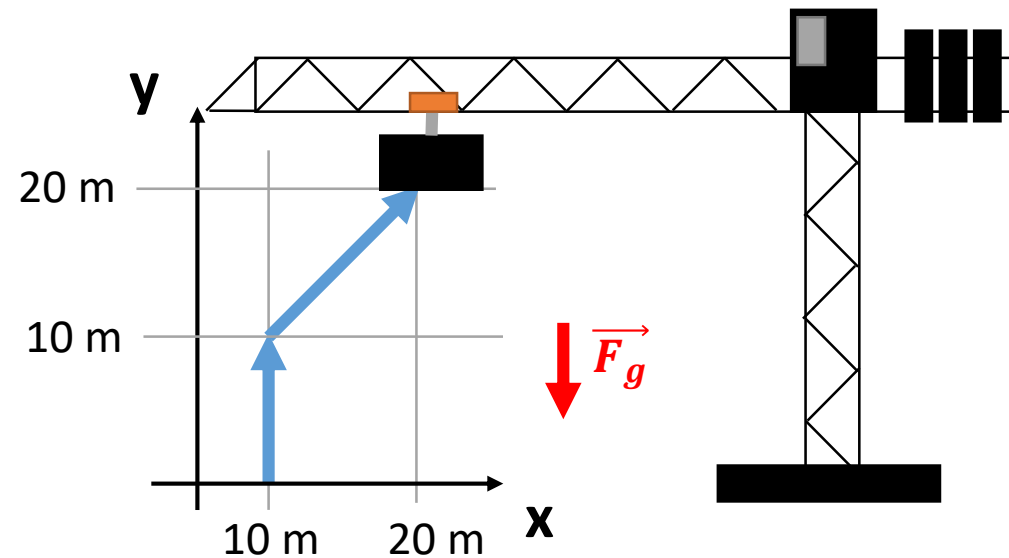
d)  $W_1 = W_2 = W_3$



# Frage 4

Ein Betonblock wird vom Kran hochgehoben mit der Kraft 1'000 N. Wie viel Arbeit wird verrichtet? Es wirkt nur die Gravitationskraft.

- a) 10'000 J
- b) 14'142 J
- c) 20'000 J
- d) 24'142 J



# Frage 4

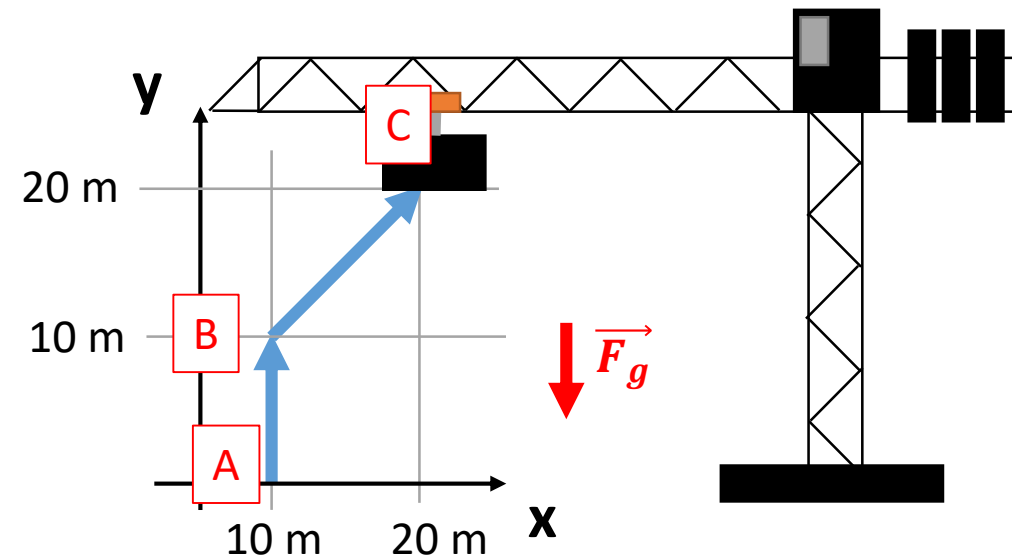
Ein Betonblock wird vom Kran hochgehoben mit der Kraft 1'000 N Wie viel Arbeit wird verrichtet? Es wirkt nur die Gravitationskraft.

a) 10'000 J

b) 14'142 J

c) 20'000 J

d) 24'142 J



c) Ist richtig.  $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{x} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{x} + \int_B^C \vec{F} \cdot d\vec{x} = \int_0^{10\text{ m}} F dx + \int_{10\text{ m}}^{20\text{ m}} \vec{F}_x + \vec{F}_y \cdot d\vec{x}$ .  
Der Weg A→B trägt  $1000\text{ N} \cdot 10\text{ m} = 10'000\text{ J}$  bei, der Weg B→C trägt ebenso  $10'000\text{ J}$  bei, da für die Horizontalkomponente der Kran-Kraft gilt  $\vec{F}_\perp \cdot d\vec{x} = 0$

# Frage 5

Die Zentrifugalkraft ist direkt proportional zu  $m\omega^2$ . Mathematisch gilt also  $F_{ZF} = \alpha \cdot m \cdot \omega^2$ . Welche Einheit hat  $\alpha$ ?

- a)  $[\alpha] = \text{m}$
- b)  $[\alpha] = \text{kg}$
- c)  $[\alpha] = \text{m/s}$
- d)  $[\alpha] = \text{N}$

# Frage 5

Die Zentrifugalkraft ist direkt proportional zu  $m\omega^2$ . Mathematisch gilt also  $F_{ZF} = \alpha \cdot m \cdot \omega^2$ . Welche Einheit hat  $\alpha$ ?

a)  $[\alpha] = \text{m}$

b)  $[\alpha] = \text{kg}$

c)  $[\alpha] = \text{m/s}$

d)  $[\alpha] = \text{N}$

a) Ist richtig. Dimensionsanalyse zeigt:

$$[F_{ZF}] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$[\alpha m \omega^2] = [\alpha][m][\omega^2] = [\alpha] \text{kg} \frac{1}{\text{s}^2} \rightarrow [\alpha] = \text{m}$$

Es gilt tatsächlich  $F_{ZF} = r m \omega^2$  wobei  $r$  der Radius der Drehbewegung ist

# Frage 6

Schon vor 250 Jahren hat Michail Lomonossow in Russland behauptet, dass linke und rechte Flussufer im Durchschnitt unterschiedlich stark erodieren.

Wie lautete seine Theorie?

- a. Das rechte Flussufer (in Fließrichtung) erodiert etwas mehr als das linke.
- b. Das linke Flussufer (in Fließrichtung) erodiert etwas mehr als das rechte.
- c. Es hängt von der Fließrichtung ab, aber eines der Flussufer erodiert immer mehr als das andere.
- d. Das eine Flussufer erodiert solange, bis sich ein Gleichgewicht einstellt woraufhin das andere erodiert.

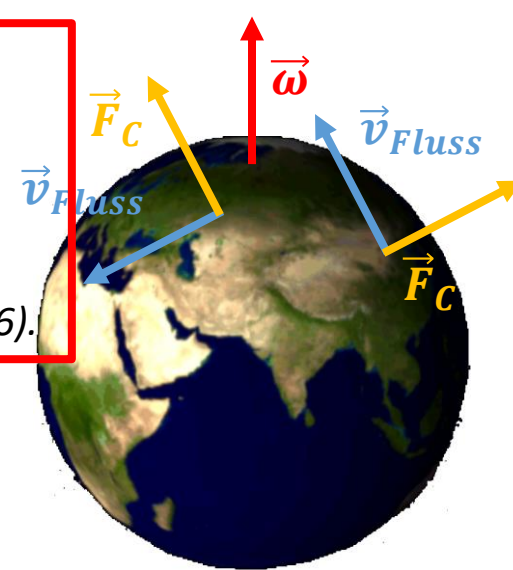


## Frage 6

$$\vec{F}_C = -2m \cdot \vec{\omega} \times \vec{v}$$

Mit rechter Hand Regel! Das Wasser wird also permanent etwas stärker nach rechts gedrückt und somit sollte das rechte Flussufer etwas mehr erodieren.

Die Hauptursache für Erosion und das Mäandern von Flüssen ist allerdings die Zentrifugalkraft am äusseren Rand der Kurve und die zufällige Beschaffenheit des Bodens in dem der Fluss fliesst. Der Coriolis Effekt ist vernachlässigbar (Einstein, 1926).



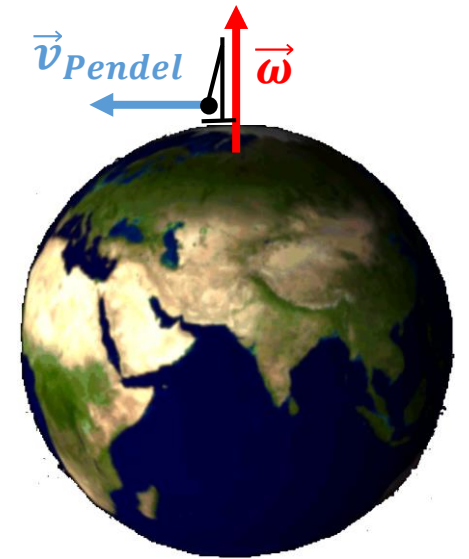
Schon vor 250 Jahren hat Michail Lomonossow in Russland behauptet, dass linke und rechte Flussufer im Durchschnitt unterschiedlich stark erodieren.

Wie lautete seine Theorie?

- a. Das rechte Flussufer (in Fließrichtung) erodiert etwas mehr als das linke.
- b. Das linke Flussufer (in Fließrichtung) erodiert etwas mehr als das rechte.
- c. Es hängt von der Fließrichtung ab, aber eines der Flussufer erodiert immer mehr als das andere.
- d. Das eine Flussufer erodiert solange, bis sich ein Gleichgewicht einstellt woraufhin das andere erodiert.

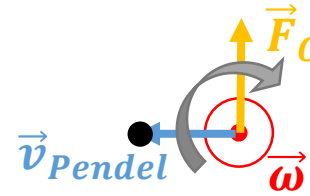
# Frage 7

Was passiert mit einem Foucault'schen Pendel am Nordpol (von oben betrachtet)?

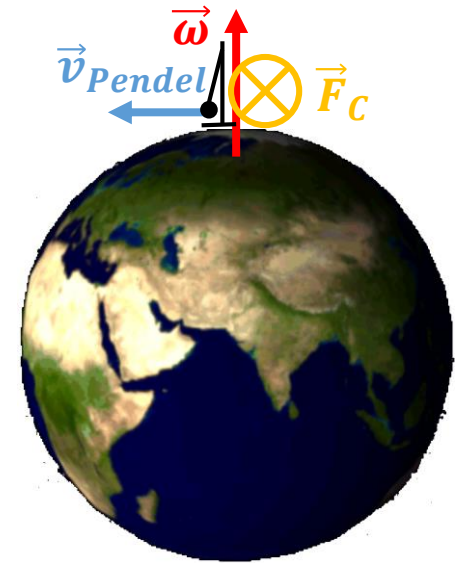


- a. Seine Pendelebene dreht sich in 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.
- b. Es steht komplett still, da die Corioliskraft die Pendelbewegung genau kompensiert.
- c. Seine Pendelebene dreht sich in 24h im Uhrzeigersinn.
- d. Seine Pendelebene dreht sich in weniger als 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.

# Frage 7



Von oben betrachtet



Was passiert mit einem Foucault'schen Pendel am Nordpol (von oben betrachtet)?

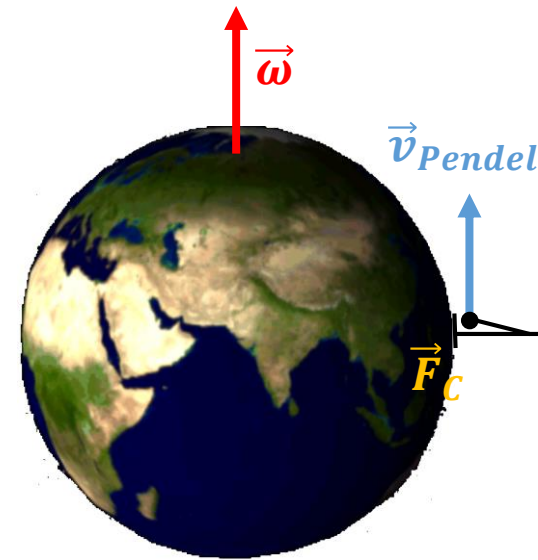
- a. Seine Pendelebene dreht sich in 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.
- b. Es steht komplett still, da die Corioliskraft die Pendelbewegung genau kompensiert.
- c. Seine Pendelebene dreht sich in 24h im Uhrzeigersinn.
- d. Seine Pendelebene dreht sich in weniger als 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.



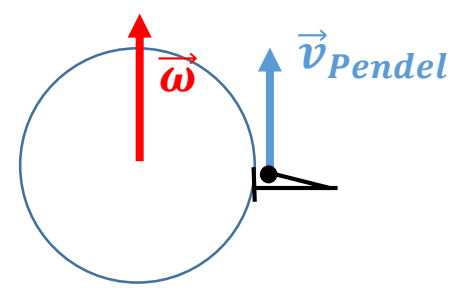
## Frage 8

Was passiert mit dem Foucault'schen Pendel am Äquator (von oben betrachtet)?

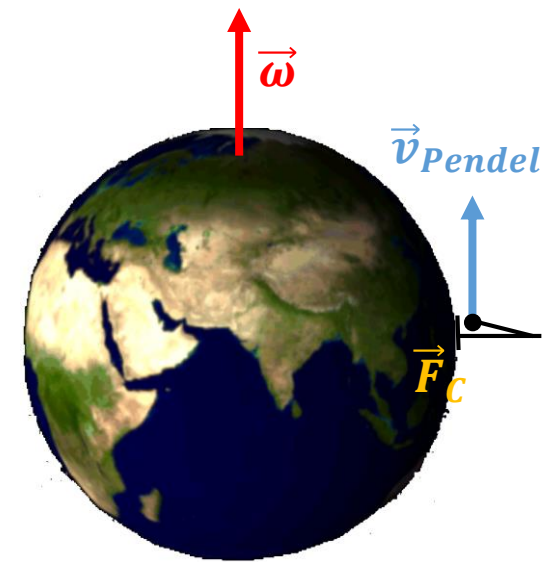
- Seine Pendelebene dreht sich in 12h entgegen dem Uhrzeigersinn.
- Seine Pendelebene dreht sich gar nicht.
- Die Pendelamplitude ist deutlich grösser, da keine Scheinkräfte wirken.



## Frage 8



Von der Seite betrachtet



Was passiert mit dem Foucault'schen Pendel am Äquator (von oben betrachtet)?

- Seine Pendelebene dreht sich in 12h entgegen dem Uhrzeigersinn.
- Seine Pendelebene dreht sich gar nicht.
- Die Pendelamplitude ist deutlich grösser, da keine Scheinkräfte wirken.