Prüfungsvorbereitung Physik: Schwingungen, Wellen

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

a) Arbeit
b) Energie
c) Formulieren Sie den Energieerhaltungssatz
d) Schwingung
e) Welches sind die Ursachen für eine Schwingung?
f) Auslenkung
g) Amplitude
h) Periode
i) Frequenz
j) Winkelgeschwindigkeit/Kreisfrequenz
k) Harmonische Schwingung
   - Unter welcher Voraussetzung ist eine Schwingung harmonisch?
   - Durch welche mathematische Funktion wird eine harmonische Schwingung beschrieben?
l) Freie gedämpfte Schwingung
m) Unter welchen Bedingungen ist das Amplitudenverhältnis $\frac{\hat{y}_1}{\hat{y}_2} = \frac{\hat{y}_2}{\hat{y}_3} = \ldots$ bei einer freien gedämpften Schwingung konstant?
n) Was versteht man unter dem Kriechfall? Wann tritt er ein?
o) Was versteht man unter dem Grenzfall? Wann tritt er ein? Bei welchen technischen Anwendungen ist der Grenzfall wichtig?
p) Oszillator
q) Eigenfrequenz/Fremdfrequenz
r) Fremderregte/selbsterregte Schwingung
s) Erzwungene Schwingung
t) Rückkopplung
u) Resonanz
v) Welle
w) Woraus besteht ein Medium?
x) Was transportiert eine fortlaufende Welle, was nicht?
y) Wellenlänge
z) Ausbreitungsgeschwindigkeit

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- Mit Diagrammen umgehen
- Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt

Erlaubte Hilfsmittel: einfacher Taschenrechner (ohne CAS), «Formeln, Tabellen, Begriffe», Formelblatt («Spick», A5 beidseitig beschrieben).

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen müssen Sie Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Auslenkung			Amplitude		
Periode			Frequenz		
Kreisfrequenz			Winkel im Bogenmass		
Anfangsphase			Masse		
Kraft			Federkonstante		
Fallbeschleunigung			Länge		
Weg			Zeit		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Arbeit			Energie		
Ausbreitungs-geschwindigkeit			Wellenlänge		

Übungsaufgaben:

Alle Arbeitsblätter sowie Aufgabenblätter A21 bis A23, A1 und A2

Aufgaben im Internet

Gehen Sie zur Website www.leifiphysik.de → Inhalt nach Gebieten
→ Schwingungen/Wellen → Harmonische Schwingung

→ Aufgaben:
- Musteraufgaben: Sekundenpendel, Trampolin
- Sinusfunktion: Beispiele anschauen, Aufgaben 1 – 4 lösen
- Harmonische Schwingung: Lesen

→ Versuche:
- Federpendel, Fadenpendel: Simulationen anschauen: Werte für *m*, *D*, etc. ändern, Diagramme für *y* (*t*), *v* (*t*), *a* (*t*) anklicken
- Resonanz → Simulation von W. Fendt

Weitere Aufgaben

1. Eine harmonische Welle (λ = 0.09760 cm) breitet sich mit c = 1'230.00 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ aus.

a) Wie viele signifikante Ziffern besitzen die beiden Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?

b) Rechnen Sie aus, wie gross die Frequenz ist und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.

c) Notieren Sie das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.

2. Welche dieser Schwingungen ist/sind harmonisch?
a) Ein Ball hüpft auf und ab
b) Ein Kind sitzt auf der Schaukel und schaukelt
c) Ein Headbanger schlägt seinen Kopf gegen die Wand
d) Ein Ei hängt an einer Feder und schwingt auf und ab

3. Rechnen Sie die folgenden Winkel um:

a)	vom Gradmass (°) ins Bogenmass (rad):	360°	90°	30°	5.93°
b)	vom Bogenmass (rad) ins Gradmass (°):	2π	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{5}$	5.93

4. Der Sekundenzeiger einer Uhr ist 15 mm lang.
a) Wie lange dauert eine ganze Umdrehung des Zeigers?
b) Welchen Weg legt die Zeigerspitze während einer ganzen Umdrehung zurück?
c) Wie gross ist die (Bahn-) Geschwindigkeit der Zeigerspitze?
d) Wie gross ist der Winkel, den der Zeiger in 15 s überstreicht? (in rad und in °)
e) Wie gross ist die Winkelgeschwindigkeit des Zeigers?

5. Eine harmonische Schwingung hat eine Amplitude von 12.0 cm und eine Frequenz von 15.0 Hz ($\varphi_0 = 0$).
a) Wie gross ist die Auslenkung zur Zeit t = 30.0 ms?
b) Wie gross ist die Geschwindigkeit zur Zeit t = 60.0 ms?
c) Wie gross ist die Beschleunigung zur Zeit t = 40.0 ms?

6. Hier sehen Sie die Gleichung für die harmonische Schwingung eines Fadenpendels, das in Mitteleuropa schwingt: $y(t) = 6.0\ \text{cm} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\ \text{s}^{-1} \cdot t + \pi\right)$
a) Bestimmen Sie die Amplitude, Kreisfrequenz, Frequenz, Periode, Anfangsphase und die Länge des Fadens.
b) Zeichnen Sie das zugehörige Zeit-Weg-Diagramm. (Achsen, mit Symbol, Einheiten, und Skala beschriften!)

7. Bei einer harmonischen Schwingung ($\hat{y}$ = 10.0 cm) beträgt zur Zeit t = 1.00 ms die Auslenkung 9.00 cm. Wie gross ist ihre Frequenz?

8. Die Masse eines Federpendels wird halbiert. Um wieviel Prozent ändert sich die Frequenz?

9. Bei einer Pendeluhr kann die Pendellänge verändert werden. Welche Folgen hat eine Verlängerung, welche eine Verkürzung? Geht die Uhr vor oder nach?

10. Wie ändert sich die Schwingungsdauer (Periode) eines Pendels, wenn es von Mitteleuropa an den Nordpol gebracht wird?

11. Zwei Fadenpendel von 25 cm und 36 cm Länge beginnen gleichzeitig zu schwingen. Nach welcher Zeit erreichen die Pendel zum ersten Mal wieder gleichzeitig die Anfangslage? Wie viele Schwingungen hat jedes Pendel dabei durchgeführt? (auf zwei Ziffern genau runden)

12. Die Masse bei einem Federpendel wird um 60 g vergrössert. Dadurch verdoppelt sich die Periode. Wie gross war die ursprüngliche Masse?

13. Ein Fadenpendel schwingt mit der Periodendauer T_1 = 2.15 s. Wenn man den Faden um 80.0 cm verlängert, erhöht sich die Periodendauer auf T_2 = 2.80 s. Berechnen Sie die Fallbeschleunigung für den Ort, an dem das Pendel schwingt!

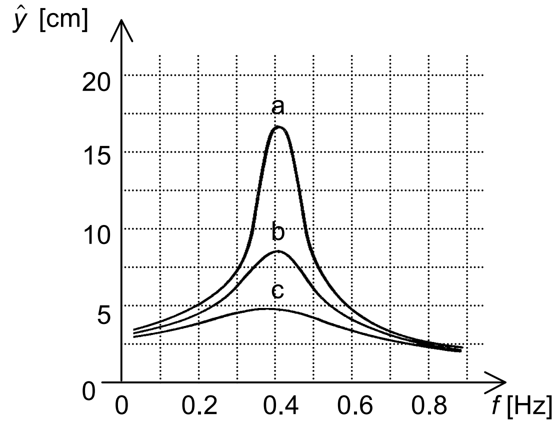
14. Wie muss die Amplitude einer Schwingung geändert werden, damit die Schwingungs--energie doppelt so gross wird?

15. Bei einer gedämpften Schwingung nimmt die Amplitude bei jeder Schwingung um 5 % ab. Um wie viel % verringert sich die Energie der Schwingung?

16. Kreuzen Sie an, was richtig ist:
a) ☐ Bei einer freien gedämpften Schwingung wird die Amplitude immer kleiner.
b) ☐ Bei einer freien gedämpften Schwingung wird die Frequenz immer kleiner.
c) ☐ Bei einer Schwingung mit Rückkopplung gibt der Erreger den Takt für die Energiezufuhr an.
d) ☐ Bei einer Schwingung mit Rückkopplung gibt der Oszillator den Takt für die Energiezufuhr an.
e) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung gibt der Erreger den Takt für die Energiezufuhr an.
f) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung gibt der Oszillator den Takt für die Energiezufuhr an.
g) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung wird die Amplitude bei Resonanz sehr gross.
h) ☐ Die Resonanzfrequenz ist die maximale Frequenz eines Oszillators.
i) ☐ Die Resonanzfrequenz ist die Frequenz, bei der die Amplitude maximal wird.
j) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung schwingt der Oszillator mit der Frequenz des Erregers.
k) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung schwingt der Oszillator mit der Eigenfrequenz des Oszillators.

17. Eine Schokoladekugel hängt an einer Feder. Sie wird um 12.5 cm ausgelenkt und dann losgelassen. Jetzt schwingt sie frei und gedämpft (die Dämpfung ist klein und proportional zur Geschwindigkeit). Die zweite Amplitude $\hat{y}_2$ beträgt 10.0 cm.
a) Wie gross ist $\hat{y}_4$?
b) Die wievielte Amplitude $\hat{y}_n$ besitzt nur noch einen Viertel (oder weniger) des ursprünglichen Wertes von $\hat{y}_1$?
c) Wie gross müsste das Amplitudenverhältnis sein, so dass $\hat{y}_3$ halb so gross ist wie $\hat{y}_1$?

18. Hier sehen Sie die Resonanzkurven eines Fadenpendels für drei verschieden starke Dämpfungen.



a) In welchem Fall ist die Dämpfung am grössten, in welchem am zweitgrössten, etc?
b) Mit welcher Frequenz schwingt das Pendel, wenn es mit 0.8 Hz angeregt wird?
c) Wie gross ist die Amplitude des Pendels, wenn es mit 0.8 Hz angeregt wird?
d) Wie gross ist die Eigenfrequenz des Pendels?
e) Wie lang ist der Faden?

19. Um die Entfernung des Blitzes zu bestimmen, misst man die Zeit zwischen Blitz und Donner in Sekunden und dividiert sie durch 3; so erhält man die Entfernung in Kilometern. Begründen Sie diese Regel.

20. Mit ihrem Echoverfahren sind Fledermäuse in der Lage selbst Mücken im Flug wahrzunehmen. Dazu benützen sie hohe Ultraschallfrequenzen bis 120 kHz.
Berechnen Sie die Wellenlänge.

21. Bei einem Erdbeben kommen zuerst die schnellen P-Wellen (c = 6.0 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$) und später die langsameren S-Wellen (c = 3.5 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$) an. Aus dieser Zeitdifferenz lässt sich die Entfernung des Erdbebenherdes (Epizentrum) ausrechnen.
Wie weit liegt der Erdbebenherd entfernt, wenn zwischen dem ersten und dem zweiten Beben eine halbe Minute vergeht?

Lösungen:

1. a) λ: 4; c: 6; Resultat: 4

   b) $c = 1230.00\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1230.00}{3.6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\qquad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{\frac{1230.00}{3.6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.09760 \cdot 10^{-2}\ \text{m}} = 350'068\ \text{Hz} = \underline{\underline{350.1\ \text{kHz}}}$

   c) $f = \underline{3.501 \cdot 10^5\ \text{Hz}}$

2. b) und d)

3. a) $360\ ° = \underline{2\pi} = \underline{6.28}$ $\qquad 90\ ° = \underline{\underline{\frac{\pi}{2}}} = \underline{1.57}$ $\qquad 30\ ° = \underline{\underline{\frac{\pi}{6}}} = \underline{0.52}$ $\qquad 5.93\ ° = \underline{0.103}$

   b) $2\pi = \underline{\underline{360\ °}}$ $\qquad \frac{\pi}{4} = \underline{\underline{45\ °}}$ $\qquad \frac{3\pi}{5} = \underline{\underline{108\ °}}$ $\qquad 5.93 = \underline{\underline{340\ °}}$

4. a) Eine Minute = $\underline{60\ \text{s}}$

   b) $s = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 1.5\ \text{cm} = \underline{9.4\ \text{cm}}$

   c) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{94\ \text{mm}}{60\ \text{s}} = \underline{\underline{1.6\ \frac{\text{mm}}{\text{s}}}}$

   d) Eine Vierteldrehung: $\underline{\underline{\frac{\pi}{2}}} = \underline{\underline{90\ °}}$

   e) $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{60\ \text{s}} = \underline{\underline{0.105\ \text{s}^{-1}}}$

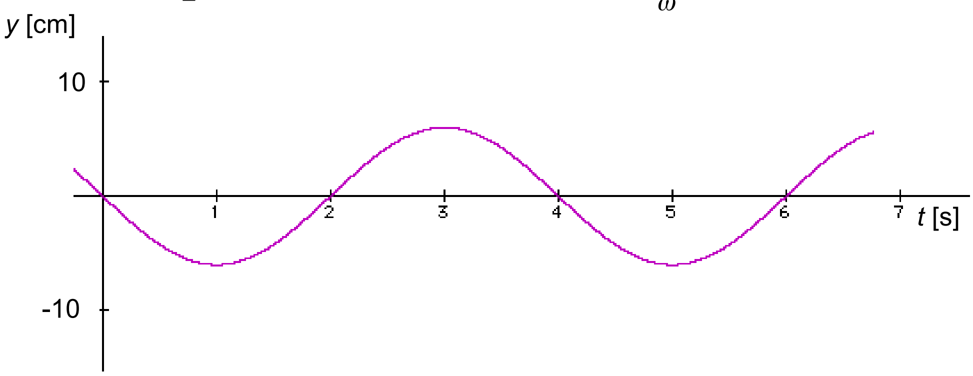
5. a) $y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t) = 12\ \text{cm} \cdot \sin(2\pi \cdot 15\ \text{Hz} \cdot 0.0300\ \text{s}) = \underline{\underline{3.7\ \text{cm}}}$

   b) $v(t) = \omega \cdot \hat{y} \cdot \cos(\omega \cdot t) = 2\pi \cdot 15\ \text{Hz} \cdot 12\ \text{cm} \cdot \cos(2\pi \cdot 15\ \text{Hz} \cdot 0.0600\ \text{s}) = \underline{\underline{9.2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

   c) $a(t) = -\omega^2 \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t) = -(2\pi \cdot 15\ \text{Hz})^2 \cdot 12\ \text{cm} \cdot \sin(2\pi \cdot 15\ \text{Hz} \cdot 0.0400\ \text{s}) = \underline{\underline{627\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$

6. a) $\hat{y} = 6.0\ \text{cm}$, $\omega = \frac{\pi}{2}\ \text{s}^{-1}$, $f = 0.25\ \text{Hz}$, $T = 4\ \text{s}$, $\varphi_0 = \pi$, $\ell = \frac{g}{\omega^2} = 4.0\ \text{m}$

   b)



7. $$f = \frac{\arcsin\left(\frac{y(t)}{\hat{y}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot t} = \frac{\arcsin\left(\frac{9.00\ \text{cm}}{10.0\ \text{cm}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0.00100\ \text{s}} = \underline{\underline{178\ \text{Hz}}}$$

8. $$f_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} \qquad f_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{\frac{1}{2} \cdot m}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot D}{m}} = \sqrt{2} \cdot \left(\frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}}\right) = \sqrt{2} \cdot f_1 = 141\ \% \cdot f_1$$

   $\Rightarrow$ die Frequenz wird <u>um 41 % grösser</u>.

9. $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ Wenn ℓ grösser wird, wird T auch grösser und die Uhr geht langsamer.

   Sie geht nach. Bei einer Verkürzung geht sie schneller. Sie geht vor.

10. $$\frac{T_{\text{Nordpol}}}{T_{\text{Mitteleuropa}}} = \frac{2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g_{\text{Nordpol}}}}}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g_{\text{Mitteleuropa}}}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{Mitteleuropa}}}{g_{\text{Nordpol}}}} = \sqrt{\frac{9.81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.83\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.999 = 99.9\%$$

    Die Periode wird <u>um 0.1 % kleiner</u>

11. $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ $\qquad T_1 = 1.0\text{ s } (\ell = 25\text{ cm}) \qquad T_2 = 1.2\text{ s } (\ell = 36\text{ cm})$

$6 \cdot 1.0\text{ s} = 6.0\text{ s} = 5 \cdot 1.2\text{ s}$

Pendel 1 schwingt 6 mal, Pendel 2 schwingt 5 mal. Sie erreichen nach 6.0 s wieder gleichzeitig die Anfangslage.

12. $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \qquad 2 \cdot T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + 60\text{ g}}{D}} \qquad 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + 60\text{ g}}{D}} = 2 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$

$\Rightarrow m + 60\text{ g} = 4m \quad \Rightarrow m = \underline{\underline{20\text{ g}}}$

13. $\ell = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2} \qquad \ell + 80.0\text{ cm} = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2} \qquad \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2} + 80.0\text{ cm} = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}$

$\Rightarrow g = \frac{0.800\text{ m} \cdot 4\pi^2}{T_2^2 - T_1^2} = \underline{\underline{9.82\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$

14. $\hat{y}_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m \cdot \omega^2}} \qquad \hat{y}_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot E}{m \cdot \omega^2}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m \cdot \omega^2}} = \sqrt{2} \cdot \hat{y}_1 = 141\,\% \cdot \hat{y}_1$

Sie muss <u>um 41 % vergrössert</u> werden.

15. $E_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \hat{y}^2 \cdot \omega^2 \qquad E_2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (0.95 \cdot \hat{y})^2 \cdot \omega^2$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot m \cdot 0.95^2 \cdot \hat{y}^2 \cdot \omega^2}{\frac{1}{2} \cdot m \cdot \hat{y}^2 \cdot \omega^2} = 0.95^2 = 0.90 = 90\%$$

Die Schwingungsenergie verringert sich <u>um 10 %</u>

16. Richtig sind: a), d), e), g), i), j)

17. a) $\frac{\hat{y}_1}{\hat{y}_2} = \frac{12.5\text{ cm}}{10.0\text{ cm}} = 1.25 = \frac{\hat{y}_2}{\hat{y}_3} \qquad \hat{y}_3 = \frac{\hat{y}_2}{1.25} = \frac{10.0\text{ cm}}{1.25} = 8.00\text{ cm}$

$\hat{y}_4 = \frac{\hat{y}_3}{1.25} = \frac{8.00\text{ cm}}{1.25} = \underline{\underline{6.40\text{ cm}}}$ $\quad$ (oder: $\hat{y}_4 = \frac{\hat{y}_1}{(1.25)^3} = \frac{12.5\text{ cm}}{(1.25)^3} = \underline{\underline{6.40\text{ cm}}}$)

b) Durch Ausprobieren findet man: $\hat{y}_8 = \frac{\hat{y}_1}{(1.25)^7} = \frac{12.5\text{ cm}}{(1.25)^7} = \underline{\underline{2.62\text{ cm}}}$

c) $\frac{\hat{y}_1}{\hat{y}_2} = \frac{\hat{y}_2}{\hat{y}_3} = \frac{\hat{y}_2}{\frac{1}{2}\hat{y}_1} = \frac{2 \cdot \hat{y}_2}{\hat{y}_1} \qquad \Rightarrow \qquad \left(\frac{\hat{y}_1}{\hat{y}_2}\right)^2 = 2 \qquad \Rightarrow \qquad \frac{\hat{y}_1}{\hat{y}_2} = \underline{\underline{\sqrt{2}}}$

18. a) c > b > a $\qquad$ b) 0.8 Hz $\qquad$ c) 2.5 cm $\qquad$ d) 0.4 Hz

e) $\ell = \frac{g}{(2\pi \cdot f)^2} = \frac{9.81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(2\pi \cdot 0.4\text{ Hz})^2} = \underline{\underline{1.6\text{ m}}}$

19. Der Blitz breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus, der Donner mit Schallgeschwindigkeit: $c_{\text{Luft}} = 344\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; in drei Sekunden kommt der Schall $s = c \cdot t = 344\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3.00\text{ s} = 1032\text{ m} \approx$ 1 km weit. (Die Lichtgeschwindigkeit ist so gross, dass man hier annimmt, dass man den Blitz gleichzeitig mit der Entladung sieht.)

20. $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{344\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{120'000\text{ Hz}} = 0.00286\text{ m} = 2.86\text{ mm}$

21. $\Delta t = t_{\text{S-Wellen}} - t_{\text{P-Wellen}} = \frac{s}{c_{\text{S-Wellen}}} - \frac{s}{c_{\text{P-Wellen}}} = s \cdot \left(\frac{1}{c_{\text{S-Wellen}}} - \frac{1}{c_{\text{P-Wellen}}}\right)$

$$s = \frac{\Delta t}{\frac{1}{c_{\text{S-Wellen}}} - \frac{1}{c_{\text{P-Wellen}}}} = \frac{\Delta t \cdot c_{\text{S-Wellen}} \cdot c_{\text{P-Wellen}}}{c_{\text{P-Wellen}} - c_{\text{P-Wellen}}} = \frac{30\text{ s} \cdot 3'500\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 6'000\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{6'000\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 3'500\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{\underline{252\text{ km}}}$$