

Physik Methoden

Übungsaufgaben zu Kapitel 4 „Rechnen ohne Rechner“

Christian Hettich, Bernd Jödicke, Jürgen Sum

11. APRIL 2024

In diesem Dokument finden Sie Aufgaben zum [Kapitel 4 „Rechnen ohne Rechner“](#) aus unserem Buch [Physik Methoden](#). Wenn Sie die PDF-Datei des Buchs ins gleiche Verzeichnis wie diese Datei hier legen und Sie die PDF-Datei des Buchs in „Physik-Methoden-2023.pdf“ umbenennen, können Sie mit den grünen Links in den meisten PDF-Programmen direkt an die passende Stelle im Buch springen.

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgaben	1
1.a Grundrechenarten	1
1.b Aufgaben für Fortgeschrittene	4
2 Hinweise	6
2.a Grundrechenarten	6
2.b Aufgaben für Fortgeschrittene	7
3 Lösungen	8
3.a Grundrechenarten	8
3.b Aufgaben für Fortgeschrittene	10

1 Aufgaben

1.a Grundrechenarten

A¹ Aufgabe: Signifikante Stellen

Geben Sie die Anzahl der signifikanten Stellen an, die die jeweilige Zahlenangabe hat:

- a) 23,77

- b) 0,002

- c) 0,031400022

- d) 172

- e) 2500

[Zum Hinweis](#)

A² Aufgabe: Darstellung von Zahlen

Stellen Sie folgende Zahlen zunächst exakt als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10, sowie einer 10-er Potenz dar; dann näherungsweise als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

a) $2546,9 =$

b) $0,002201 =$

c) $34002,1 \cdot 10^3 =$

d) $2296 \cdot 10^{-5} =$

e) $0,00603 \cdot 10^{-12} =$

f) $0,00955 \cdot 10^{23} =$

[Zum Hinweis](#)

A³ Aufgabe: Addition und Subtraktion von Zahlen

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

a) $2546,9 + 7,2 \approx$

b) $0,002201 - 23,8 \approx$

c) $34002,1 \cdot 10^3 + 2334 \cdot 10^{-3} \approx$

d) $2296 \cdot 10^{-5} + 0,0225 \cdot 10^1 \approx$

e) $0,00603 \cdot 10^{-12} - 1234 \cdot 10^{-25} \approx$

f) $0,00955 \cdot 10^{23} - 23450023 \approx$

g) $0,01955 \cdot 10^{10} - 23450023 \approx$

h) $2448 - 0,32 \cdot 10^4 \approx$

Zum Hinweis

A⁴ Aufgabe: Multiplikation von Zahlen

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

- a) $3,2 \cdot 4,7 \approx$
- b) $17,2 \cdot 3,5 \approx$
- c) $0,002201 \cdot 23,8 \approx$
- d) $34002,1 \cdot 10^3 \cdot 2334 \cdot 10^{-3} \approx$
- e) $2296 \cdot 10^{-5} \cdot 0,0225 \cdot 10^1 \approx$
- f) $0,0063 \cdot 10^{-12} \cdot 1234 \cdot 10^{-25} \approx$
- g) $0,01955 \cdot 10^{10} \cdot 23450023 \approx$
- h) $2482 \cdot 0,32 \cdot 10^4 \approx$

Zum Hinweis

A⁵ Aufgabe: Division von Zahlen

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

- a) $\frac{8,2}{6,7} \approx$
- íí
- b) $\frac{17,3}{8,8} \approx$
- c) $\frac{4,4}{7,2} \approx$
- d) $\frac{7,7}{2,4} \approx$
- e) $\frac{1,33 \cdot 10^3}{4,02 \cdot 10^{-2}} \approx$

$$f) \frac{0,477 \cdot 10^{-3}}{13,22 \cdot 10^{-12}} \approx$$

[Zum Hinweis](#)

1.b Aufgaben für Fortgeschrittene

A⁶ Aufgabe: Wurzeln von Zahlen

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

$$a) \sqrt{2546,9} \approx$$

$$b) \sqrt{0,007201} \approx$$

$$c) \sqrt[3]{34002,1 \cdot 10^3} \approx$$

$$d) \sqrt[3]{0,00755 \cdot 10^{23}} \approx$$

[Zum Hinweis](#)

A⁷ Aufgabe: Winkelfunktionen

Bestimmen Sie ...

$$a) \sin 24^\circ \approx$$

$$b) \cos 73^\circ \approx$$

$$c) \tan 17^\circ \approx$$

$$d) \arcsin 0,81 \approx$$

[Zum Hinweis](#)

A⁸
Aufgabe: e-Funktion und Logarithmus

Bestimmen Sie ...

a) $e^{2,713} \approx$

b) $10^{-7,62} \approx$

c) $\ln(0,00464) \approx$

d) $\log(81338 \cdot 10^2) \approx$

[Zum Hinweis](#)**A⁹**
Aufgabe: Mischaufgaben

Die folgenden Aufgaben erfordern alle o.a. Teilmethoden. Normalerweise würde man diese Rechnungen selten oder nie ohne die Hilfe eines Taschenrechners durchführen. Dennoch werden sie hier gestellt, um das Kopfrechnen intensiv zu üben und neben Erfahrung mit der Methode auch die nötige Sicherheit zu erlangen. Knobeln und schauen Sie, wie gut Sie beim Kopfrechnen sind.

a) $\sqrt[3]{\frac{(0,524 \cdot 10^{-14} - 0,38 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-16}}{4424 \cdot 10^{-2}}} \approx$

b) $\ln\left(\sqrt[3]{\frac{0,038 \cdot 10^{-16}}{(0,0724 \cdot 10^{14} + \sin(0,078 \cdot 10^{20}))^2}}\right) \approx$

c) $e^{\frac{342 \cdot 10^4 - 0,88 \cdot 10^{-5}}{22,2 + 569 \cdot 10^{-5}}} \approx$

[Zum Hinweis](#)

2 Hinweise

2.a Grundrechenarten

H¹ Hinweis zu Aufgabe 1 „Signifikante Stellen“

Siehe Definition 4.1.2 und Beispiel 4.1.ii.

[Zur Lösung](#)

H² Hinweis zu Aufgabe 2 „Darstellung von Zahlen“

Verwenden Sie aus Kapitel 4.1 das Rezept 4.1.3 sowie die Beispiele 4.1.i und 4.1.iii.

[Zur Lösung](#)

H³ Hinweis zu Aufgabe 3 „Addition und Subtraktion von Zahlen“

Verwenden Sie Rezept 4.2.1 sowie die Beispiele 4.2.i und 4.2.ii.

[Zur Lösung](#)

H⁴ Hinweis zu Aufgabe 4 „Multiplikation von Zahlen“

Verwenden Sie Rezept 4.2.2 sowie Beispiel 4.2.iii.

[Zur Lösung](#)

H⁵ Hinweis zu Aufgabe 5 „Division von Zahlen“

Verwenden Sie Rezept 4.2.3 sowie Beispiel 4.2.iv.

[Zur Lösung](#)

2.b Aufgaben für Fortgeschrittene

H⁶ Hinweis zu Aufgabe 6 „Wurzeln von Zahlen“

Verwenden Sie Rezept 4.3.1 sowie Beispiel 4.3.i.

[Zur Lösung](#)

H⁷ Hinweis zu Aufgabe 7 „Winkelfunktionen“

Verwenden Sie Rezept 4.3.2 sowie Beispiel 4.3.ii.

[Zur Lösung](#)

H⁸ Hinweis zu Aufgabe 8 „e-Funktion und Logarithmus“

Verwenden Sie die Rezepte 4.3.3, 4.3.4 und 4.3.5 sowie die Beispiele 4.3.iii, bis 4.3.vi.

[Zur Lösung](#)

H⁹ Hinweis zu Aufgabe 9 „Mischaufgaben“

Zu dieser Aufgabe gibt es keine Hinweise.

[Zur Lösung](#)

3 Lösungen

3.a Grundrechenarten

L¹ Lösung zu Aufgabe 1 „Signifikante Stellen“

Die Zahlenangaben haben

- a) 23,77 vier signifikante Stellen,
- b) 0,002 eine signifikante Stelle,
- c) 0,031400022 acht signifikante Stellen,
- d) 172 drei signifikante Stellen und
- e) 2500 vier, drei oder zwei signifikante Stellen (aus der Darstellung nicht ersichtlich).

L² Lösung zu Aufgabe 2 „Darstellung von Zahlen“

Stellen Sie folgende Zahlen zunächst exakt als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10, sowie einer 10-er Potenz dar; dann näherungsweise als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

- a) $2546,9 = 2,5469 \cdot 10^3 \approx 2,5 \cdot 10^3$
- b) $0,002201 = 2,201 \cdot 10^{-3} \approx 2,2 \cdot 10^{-3}$
- c) $34002,1 \cdot 10^3 = 3,40021 \cdot 10^4 \cdot 10^3 = 3,40021 \cdot 10^{(4+3)} = 3,40021 \cdot 10^7 \approx 3,4 \cdot 10^7$
- d) $2296 \cdot 10^{-5} = 2,296 \cdot 10^3 \cdot 10^{-5} = 2,296 \cdot 10^{-2} \approx 2,3 \cdot 10^{-2}$
- e) $0,00603 \cdot 10^{-12} = 6,03 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-12} = 6,03 \cdot 10^{-15} \approx 6,0 \cdot 10^{-15}$
- f) $0,00955 \cdot 10^{23} = 9,55 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{23} = 9,55 \cdot 10^{20} \approx 9,6 \cdot 10^{20}$

L³ Lösung zu Aufgabe 3 „Addition und Subtraktion von Zahlen“

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

a) $2546,9 + 7,2 \approx 2546,9 \approx 2,5 \cdot 10^3$

Hinweis: Wenn Sie die beiden Werte ohne die Näherung genau addieren und erst danach runden, erhalten Sie $\approx 2,6 \cdot 10^3$. In dieser Aufgabe geht aber Schnelligkeit vor Genauigkeit.

b) $0,002201 - 23,8 \approx -23,8 \approx -24 = -2,4 \cdot 10^1$

c) $34002,1 \cdot 10^3 + 2334 \cdot 10^{-3} \approx 34002,1 \cdot 10^3 \approx 3,4 \cdot 10^7$

d) $2296 \cdot 10^{-5} + 0,0225 \cdot 10^1 \approx 2,3 \cdot 10^{-2} + 2,3 \cdot 10^{-1} \approx 0,23 \cdot 10^{-1} + 2,3 \cdot 10^{-1} \approx 2,5 \cdot 10^{-1}$

e) $0,00603 \cdot 10^{-12} - 1234 \cdot 10^{-25} \approx 0,00603 \cdot 10^{-12} \approx 6,0 \cdot 10^{-15}$

f) $0,00955 \cdot 10^{23} - 23450023 \approx 0,00955 \cdot 10^{23} \approx 9,6 \cdot 10^{20}$

g) $0,01955 \cdot 10^{10} - 23450023 \approx 1,96 \cdot 10^8 - 2,3 \cdot 10^7 \approx 1,7 \cdot 10^8$

h) $2448 - 0,32 \cdot 10^4 \approx 2,4 \cdot 10^3 - 3,2 \cdot 10^3 \approx -0,8 \cdot 10^3 \approx -8,0 \cdot 10^2$

L⁴ Lösung zu Aufgabe 4 „Multiplikation von Zahlen“

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

a) $3,2 \cdot 4,7 \approx 3,0 \cdot 5,0 \approx 15 = 1,5 \cdot 10^1$

b) $17,2 \cdot 3,5 \approx 20 \cdot 3 \approx 60 = 6,0 \cdot 10^1$

c) $0,002201 \cdot 23,8 \approx 2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,4 \cdot 10^1 \approx 2,0 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^1 = 5,2 \cdot 10^{-2}$

d) $34002,1 \cdot 10^3 \cdot 2334 \cdot 10^{-3} \approx 3,4 \cdot 10^4 \cdot 10^3 \cdot 2,33 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \approx 3,9 \cdot 2,0 \cdot 10^{4+3+3-3} = 7,8 \cdot 10^7$

e) $2296 \cdot 10^{-5} \cdot 0,0225 \cdot 10^1 \approx 2,3 \cdot 10^{-2} \cdot 2,25 \cdot 10^{-1} \approx 2,55 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2-1} = 5,1 \cdot 10^{-3}$

f) $0,0063 \cdot 10^{-12} \cdot 1234 \cdot 10^{-25} \approx 6,3 \cdot 10^{-15} \cdot 1,234 \cdot 10^{-22} \approx 7,8 \cdot 1,0 \cdot 10^{-15-22} = 7,8 \cdot 10^{-37}$

g) $0,01955 \cdot 10^{10} \cdot 23450023 \approx 2,0 \cdot 10^8 \cdot 2,35 \cdot 10^7 \approx 4,7 \cdot 10^{15}$

h) $2482 \cdot 0,32 \cdot 10^4 \approx 2,5 \cdot 10^3 \cdot 3,2 \cdot 10^3 \approx 8,0 \cdot 10^6$

L⁵ Lösung zu Aufgabe 5 „Division von Zahlen“

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

$$\text{a) } \frac{8,2}{6,7} \approx \frac{8,2 \cdot 1,5}{6,7 \cdot 1,5} \approx \frac{12,3}{10} \approx 1,2$$

$$\text{b) } \frac{17,3}{8,8} \approx \frac{17,3 \cdot (1 + 0,2)}{8,8 \cdot 1,2} \approx \frac{17,3 + 3,4}{10} \approx 2,1$$

oder besser:

$$\frac{17,3}{8,8} \approx \frac{17,6}{8,8} \approx 2,0$$

$$\begin{aligned} \text{c) } \frac{4,4}{7,2} &\approx \frac{4,4 \cdot 1,4}{7,2 \cdot 1,4} \approx \frac{4,4 \cdot 1 + 4,4 \cdot 0,4}{7,2 \cdot 1,4} \\ &\approx \frac{4,4 + 1,8}{10} \approx 0,62 = 6,2 \cdot 10^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{d) } \frac{7,7}{2,4} \approx \frac{7,7 \cdot 4}{2,4 \cdot 4} \approx \frac{31}{10} \approx 3,1$$

alternativ:

$$\frac{7,7}{2,4} \approx \frac{7,7 \cdot 3}{2,4 \cdot 3} \approx \frac{7,7 \cdot 3}{7,2} \approx 3,2$$

$$\text{e) } \frac{1,33 \cdot 10^3}{4,02 \cdot 10^{-2}} \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{3+2} \approx 3,3 \cdot 10^4$$

$$\text{f) } \frac{0,477 \cdot 10^{-3}}{13,22 \cdot 10^{-12}} \approx \frac{4,77 \cdot 10^{-4}}{1,322 \cdot 10^{-11}} \approx 3,5 \cdot 10^7$$

3.b Aufgaben für Fortgeschrittene

L⁶ Lösung zu Aufgabe 6 „Wurzeln von Zahlen“

Berechnen Sie und stellen Sie das Ergebnis dar als eine Kombination aus einem Zahlenwert zwischen 1 und 10 (mit genau einer Nachkommastelle), sowie einer 10-er Potenz.

$$\text{a) } \sqrt{2546,9} \approx \sqrt{2,55 \cdot 10^3} \approx \sqrt{25,5 \cdot 10^2} \approx \sqrt{25,5} \cdot \sqrt{10^2} \approx 5,0 \cdot 10^1$$

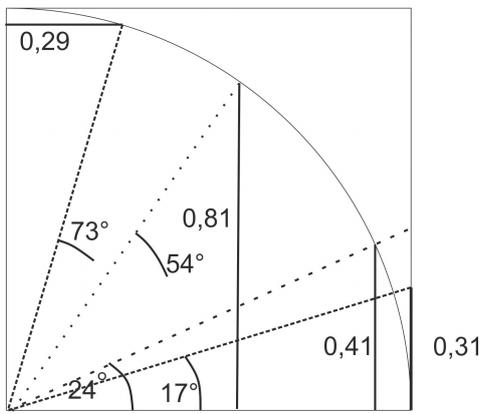
$$\text{b) } \sqrt{0,007201} \approx \sqrt{72 \cdot 10^{-4}} \approx 8,5 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{c) } \sqrt[3]{34002,1 \cdot 10^3} \approx \sqrt[3]{3,4 \cdot 10^4 \cdot 10^3} \approx \sqrt[3]{34 \cdot 10^6} \approx 3,2 \cdot 10^2 \quad \text{da } 3^3 = 27$$

$$\text{d) } \sqrt[3]{0,00755 \cdot 10^{23}} \approx \sqrt[3]{7,55 \cdot 10^{20}} \approx \sqrt[3]{755 \cdot 10^{18}} \approx 9,1 \cdot 10^6 \quad \text{da } 9^3 = 81 \cdot 9 \approx 720$$

L⁷ Lösung zu Aufgabe 7 „Winkelfunktionen“

Die Werte können an einem Einheitskreis abgelesen werden:



Man erhält:

- a) $\sin 24^\circ \approx 0,41$
- b) $\cos 73^\circ \approx 0,29$
- c) $\tan 17^\circ \approx 0,31$
- d) $\arcsin 0,81 \approx 54^\circ$

L⁸ Lösung zu Aufgabe 8 „e-Funktion und Logarithmus“

Bestimmen Sie ...

- a)
$$\begin{aligned} e^{2,713} &\approx 10^{0,434 \cdot 2,713} \\ &\approx 10^{1,2} \\ &\approx 10^{0,2} \cdot 10^1 \\ &\approx 1,5 \cdot 10^1 \end{aligned} \quad \text{mit } 10^{0,2} = 10^{1-0,3-0,5} \approx \frac{10}{2 \cdot 3}$$
- b)
$$\begin{aligned} 10^{-7,62} &\approx 10^{0,38} \cdot 10^{-8} \\ &\approx 2,4 \cdot 10^{-8} \end{aligned} \quad \text{mit } 10^{0,4} = 10^{1-0,3-0,3} \approx \frac{10}{2 \cdot 2}$$
- c)
$$\begin{aligned} \ln(0,00464) &\approx 2,3 \cdot \log(4,64 \cdot 10^{-3}) \\ &\approx 2,3 \cdot (\log 4,64 + \log 10^{-3}) \\ &\approx 2,3 \cdot (0,66 - 3) \\ &\approx -2,3 \cdot 2,33 \\ &\approx -2 \cdot 2,65 \\ &\approx -5,3 \end{aligned} \quad \text{mit } 0,6 \approx \log 4 < \log 4,64 < \log 5 \approx 0,7$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) } \log(81338 \cdot 10^2) &\approx \log 8,1338 \cdot 10^6 \\
 &\approx \log 8,1338 + \log 10^6 \\
 &\approx 0,9 + 6 \\
 &\approx 6,9
 \end{aligned}$$

Lösung zu Aufgabe 9 „Mischaufgaben“

Die folgenden Aufgaben erfordern alle o.a. Teilmethoden. Normalerweise würde man diese Rechnungen selten oder nie ohne die Hilfe eines Taschenrechners durchführen. Dennoch werden sie hier gestellt, um das Kopfrechnen intensiv zu üben und neben Erfahrung mit der Methode auch die nötige Sicherheit zu erlangen. Knobeln und schauen Sie, wie gut Sie beim Kopfrechnen sind.

$$\begin{aligned}
 \text{a) } &\sqrt[3]{\frac{(0,524 \cdot 10^{-14} - 0,38 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-16}}{4424 \cdot 10^{-2}}} \\
 &\approx \sqrt[3]{\frac{(-0,38 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-16}}{4,424 \cdot 10^1}} \\
 &\approx \sqrt[3]{\frac{0,36 \cdot 0,4 \cdot 10^{-12} \cdot 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 2,3}{4,424 \cdot 10^1 \cdot 2,3}} \\
 &\approx \sqrt[3]{\frac{0,36 \cdot 0,4 \cdot 10^{-12} \cdot 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 2,3}{10^2}} \\
 &\approx \sqrt[3]{0,36 \cdot 0,4 \cdot 10^{-12} \cdot 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 2,3 \cdot 10^{-2}} \\
 &\approx \sqrt[3]{0,4 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-30}} \\
 &\approx \sqrt[3]{0,64 \cdot 10^{-30}} \\
 &\approx \sqrt[3]{640 \cdot 10^{-33}} \\
 &\approx 8,5 \cdot 10^{-11}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } &\ln\left(\sqrt[3]{\frac{0,038 \cdot 10^{-16}}{(0,0724 \cdot 10^{14} + \sin(0,078 \cdot 10^{20}))^2}}\right) \\
 &\approx \ln\left(\sqrt[3]{\frac{3,8 \cdot 10^{-18}}{(7,24 \cdot 10^{12})^2}}\right) \\
 &\approx \ln\left(\sqrt[3]{\frac{3,8 \cdot 10^{-18} \cdot 2}{52 \cdot 10^{24} \cdot 2}}\right) \\
 &\approx \ln\left(\sqrt[3]{\frac{7,6 \cdot 10^{-18}}{10^{26}}}\right) \\
 &\approx \ln\left(\sqrt[3]{7,6 \cdot 10^{-44}}\right) \\
 &\approx \ln\left(\sqrt[3]{76 \cdot 10^{-45}}\right) \\
 &\approx \ln(4,2 \cdot 10^{-15}) \\
 &\approx 2,3 \cdot \log(4,2 \cdot 10^{-15}) \\
 &\approx 2,3 \cdot (0,6 - 15) \\
 &\approx 2,3 \cdot (-14,4) \\
 &\approx -2 \cdot 16 \\
 &\approx -32
 \end{aligned}$$

alternativ:

$$\begin{aligned}
& \ln \left(\sqrt[3]{\frac{0,038 \cdot 10^{-16}}{(0,0724 \cdot 10^{14} + \sin(0,078 \cdot 10^{20}))^2}} \right) \\
& \approx \frac{1}{3} \cdot \ln \left(\frac{3,8 \cdot 10^{-18}}{(7,24 \cdot 10^{12})^2} \right) \\
& \approx \frac{1}{3} \cdot \ln \left(\frac{3,8 \cdot 10^{-18} \cdot 2}{52 \cdot 10^{24} \cdot 2} \right) \\
& \approx \frac{1}{3} \cdot \ln \left(\frac{7,6 \cdot 10^{-18}}{10^{26}} \right) \\
& \approx \frac{1}{3} \cdot \ln(7,6 \cdot 10^{-44}) \\
& \approx \frac{2,3}{3} \cdot \log(7,6 \cdot 10^{-44}) \\
& \approx \frac{2,3}{3} \cdot (0,8 - 44) \\
& \approx \frac{2,3}{3} \cdot (-43,2) \\
& \approx -\frac{3}{4} \cdot 44 \\
& \approx -33
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{c) } e^{\frac{342 \cdot 10^4 \cdot 0,88 \cdot 10^{-5}}{22,2 + 569 \cdot 10^{-5}}} & \approx e^{\frac{3,42 \cdot 10^6 \cdot 8,8 \cdot 10^{-6}}{22,2}} \\
& \approx e^{\frac{3,42 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{10}} \\
& \approx e^{1,4} \\
& \approx 10^{0,434 \cdot 1,4} \\
& \approx 10^{0,6} \\
& \approx 4
\end{aligned}$$