

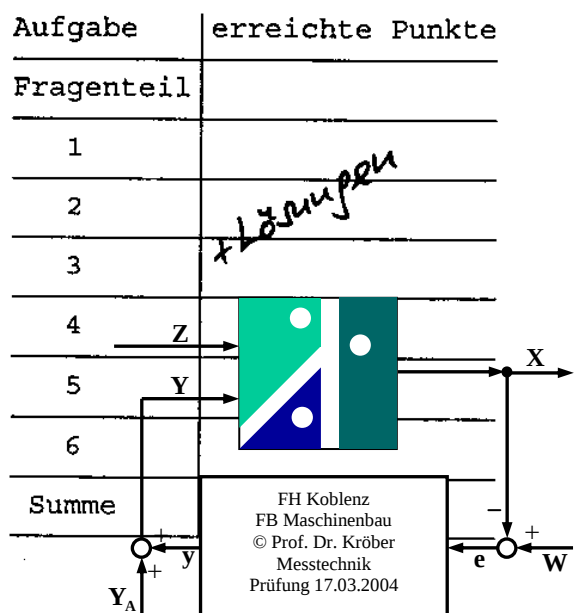
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner

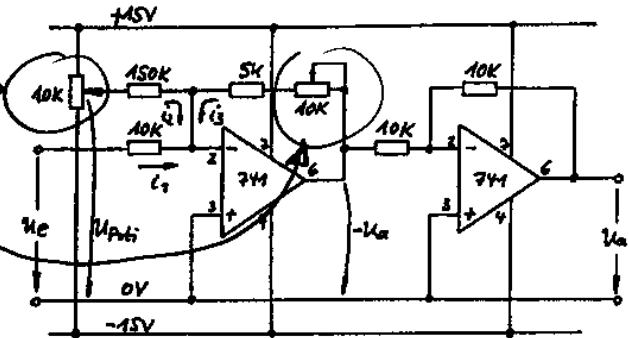
Note : _____

KURZFRAGEN :

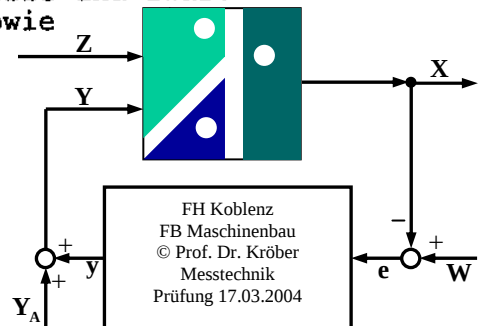
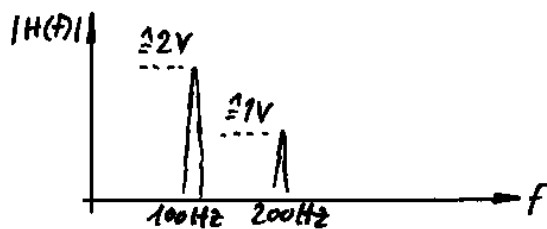
1. Bei der Durchflussmessung wird zwischen volumetrischen Messverfahren und Turbinenzählern unterschieden. Nennen Sie 2 volumetrische Messverfahren! (2P)
Ovalradzähler, Drehkolbenzähler (Zahnradpumpe)
2. Welchen Einfluss hat eine Veränderung der Zähigkeit bei der Anzeige eines Schwebekörperdurchflussmessers? (2P)
 $\eta \uparrow \Rightarrow$ Messwert zu groß
3. Sie möchten eine Durchflussmessung durchführen und verfügen über ein Differenzdruckmessgerät. Welches Durchflussmessverfahren wäre dann sinnvoll? (2P)
Messblende
4. Ein Beschleunigungsaufnehmer mit induktivem Abtastsystem wird durch Kippen um 180 Grad kalibriert. Wie groß ist dabei die Veränderung der Anzeige (Änderung des Beschleunigungsmesswertes ist gemeint)? (2P)
2g
5. Es wird versucht einen Beschleunigungsaufnehmer mit piezoelektrischen Abtastsystem durch langsames Kippen um 180 Grad zu kalibrieren. Wie groß ist dabei die Veränderung der Anzeige (Änderung des Beschleunigungsmesswertes ist gemeint)? (2P)
0
6. Bei dem Drosselprinzip (induktive Wegmessung) wird eine Halbbrücke verwendet. Ergänzen/Vervollständigen Sie die Skizze! (4P)



7. Die Abbildung zeigt einen Verstärker zur Einstellung des Nullpunktes und der Verstärkung. Markieren Sie, wo Nullpunkte und Verstärkung eingestellt werden können! (4P)



8. Ein Messsignal beinhaltet zwei Signalanteile und zwar:
 $f = 100 \text{ Hz}$, dazugehörige Amplitude 2 V sowie
 $f = 200 \text{ Hz}$, dazugehörige Amplitude 1 V .
 Skizzieren Sie das Spektrum! (2P)



9. Das Messsignal aus Frage 8 wird über der Zeit dargestellt. Durch die Periodizität wiederholt sich das Signal nach einer bestimmtem Zeitdauer immer wieder. Wie groß ist diese Zeitdauer (Periodendauer)? (2P)

10ms

10. Das Messsignal aus Frage 8 wird mit einem Rechner erfasst. Mit welcher Abtastfrequenz muss es mindestens abgetastet werden? (2P)

400 Hz

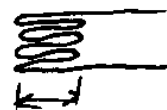
Welche Abtastfrequenz wäre "praktisch" sinnvoll? (2P)

$$10 \dots 20 \cdot f_{\max} = 10 \dots 20 \cdot 200 \text{ Hz} = 2000 \dots 4000 \text{ Hz}$$

11. An einem A/D-Wandler mit einem Wandlerbereich von 0-10V liegt ein Eingangssignal von 6V an. Das bit 1 (MSB) mit der Wertigkeit 5V zeigt am Ausgang eine 1 (logisch Eins) an. Was zeigen bit 2, bit 3 und bit 4 an? (6P)

bit 2 (2,5V) $\Rightarrow$ 0 bit 3 (1,25V) $\Rightarrow$ 0 bit 4 (0,625V) $\Rightarrow$ 1
somit 1001₂

12. Erläutern Sie anhand einer Skizze die Messgitterlänge bei einem DMS ! (2P)



13. Mit welcher Speisespannung wird eine Messbrücke eingespeist? (Standardwert) (2P)

5V

14. Erläutern Sie, mit welcher Maßnahme der Spannungsabfall (in der Zu- und Rückleitung) vom Messverstärker bis zum Sensor berücksichtigt bzw. eliminiert wird? (2P)

Bsp: DTS → Leiterbahnschaltung

"Leitungen messen Spp. vor Ort (hochohmig) Spp. abfall Zuleitung eliminiert"

15. Wie funktioniert die Shunt-Kalibrierung? (3P)

z.B. Widerstand 30kΩ dem DTS (120kΩ) parallel schalten

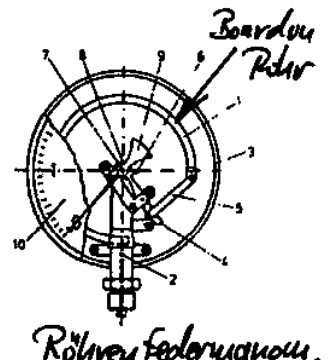
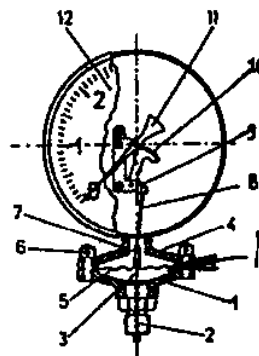
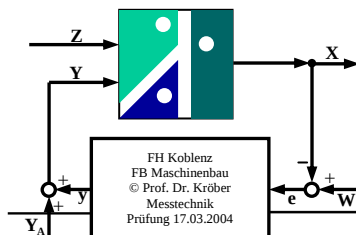
→ definierte Brückenversimmung 1mV/V

16. Bei der piezoelektrischen Kraftmessung entsteht durch die Gitterverformung an den Oberflächen eine kraftproportionale Ladung. Wie wird diese Ladung gemessen? (3P)

$Q=C \cdot U$ Kondensator wird aufgeladen → Spp. U wird hochohmig gemessen (Ladungsmessverstärker)

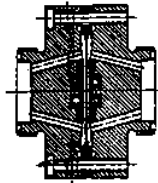
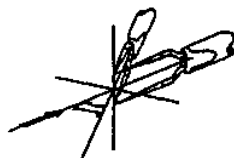
17. Wie lauten die beiden abgebildeten Manometerbauformen? (3P)

Kennzeichnen Sie die Messelemente, die sich in Abhängigkeit des Druckes verformen! (2P)



Membran-Feederanometer "Bourdon-Feeder"

18. Um welche Messverfahren handelt es sich? Welche physikalische Messgrößen werden damit gemessen? (8P)



"GRAY"-Code

Prandtl Staurohr Hitzdrahtanemometer induktiver absolut kodiert
← Strömungsgeschwindigkeit → Differenzdruckaufn. Wegmessung

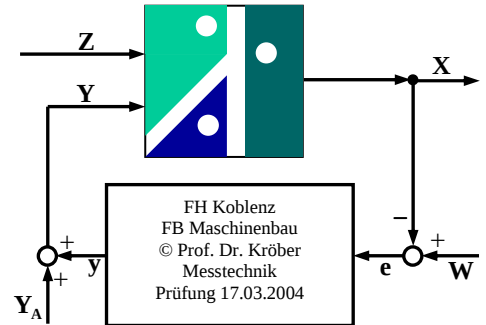
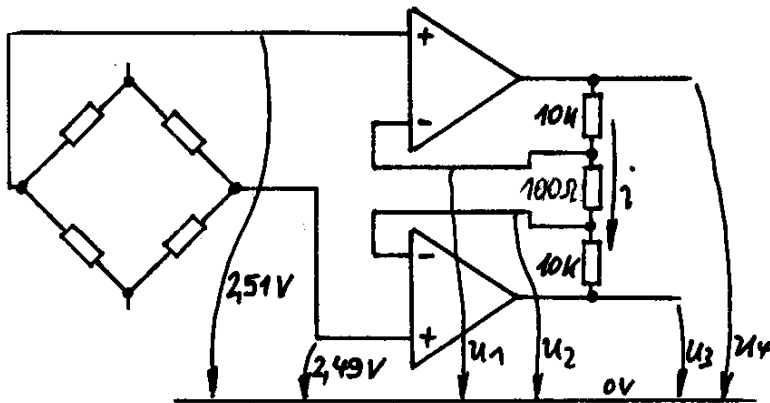
19. Ein Temperaturfühler ist in einer Anlage fest eingebaut. Wie können Sie von außen feststellen, ob es sich um einen Pt100 oder ein Thermoelement handelt? (Begründung!) (3P)

Pt100 ca 110Ω bei 20°C Thermoelement → wenige Ohm

R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (11 P)

Die abgebildete Schaltung wird zur Umformung der Diagonalspannung bei einer Wheatstone'schen Brückenschaltung verwendet.
Bestimmen Sie u_1 , u_2 , i , u_3 und u_4 !



Aufgabe 2 (8 P)

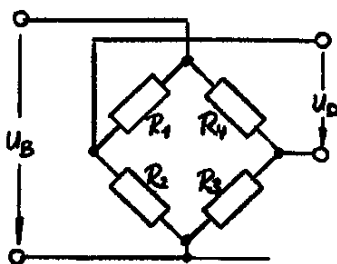
Zur Messung eines Drehmomentes wird eine Halbbrücke verwendet. Die beiden DMS sind unter ± 45 Grad zur Längsachse appliziert.

- a. Bestimmen Sie eine Gleichung zwischen dem Drehmoment und der Brückenverstimmung!

$$\frac{u_D}{u_B} = \dots \cdot M_d$$

- b. Welchen Durchmesser besitzt die Welle, falls bei einem Drehmoment von 15,7 Nm die Brückenverstimmung gerade 0,5 mV/V beträgt?
Weitere Daten: $k = 2$, $G = 80000 \text{ N/mm}^2$

Hilfestellungen:

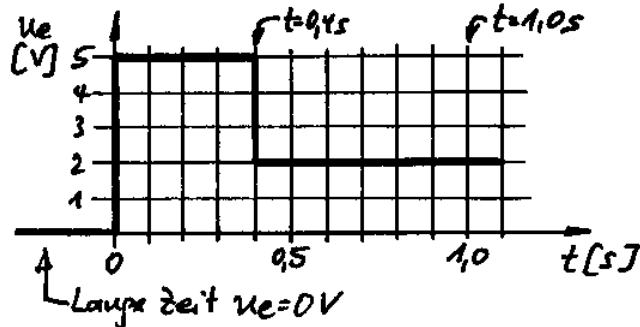


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon ; \quad \epsilon_{DMS} = \frac{\tau}{2 \cdot G} ; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16} ; \quad \tau = \frac{M_d}{W_p}$$

Aufgabe 3 (10 P)

An einem RC-Glied (Tiefpass) liegt am Eingang das abgebildete Signal u_e an. Wie groß ist die Ausgangsspannung zur Zeit $t = 0,4$ s und zur Zeit $t = 1$ s? Zahlenwerte: $R = 20 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$

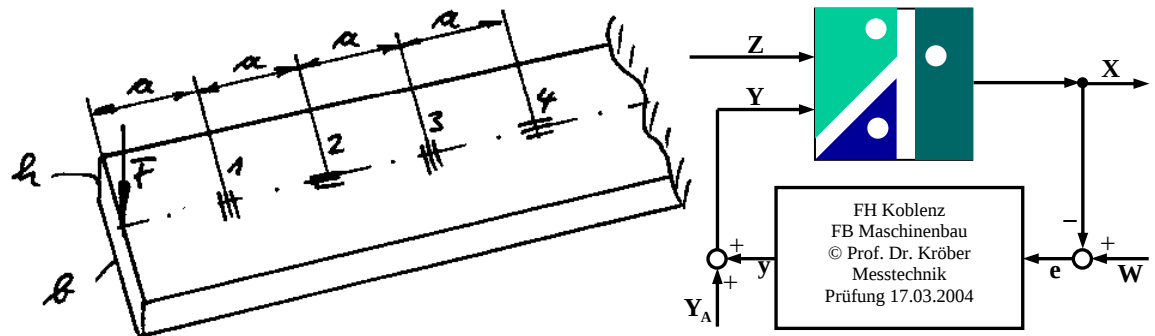


$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

$$T = R \cdot C$$

Aufgabe 4 (10 P)

An einem einseitig eingespannten Biegebalken sind 4 DMS appliziert.



- Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 und ϵ_4 in Abhängigkeit der gegebenen Größen!
- Ermitteln Sie einen Zusammenhang zwischen der Brückenverstimmung und der Kraft!

Ziel:

$$\frac{u_D}{u_B} = \dots \cdot F = f(k, \nu, E, a, b, h)$$

Hilfestellung:

$$W_b = \frac{b \cdot h^3}{6}$$

Aufgabe 5 (6 P)

Eine Messgröße wird 5 mal gemessen. Dabei ergeben sich folgende Einzelwerte:

i	1	2	3	4	5
x_i	42,1	43,1	42,6	42,8	42,4

Durch ein anderes Messverfahren wurde der wahre Wert mit 42,9 bestimmt.

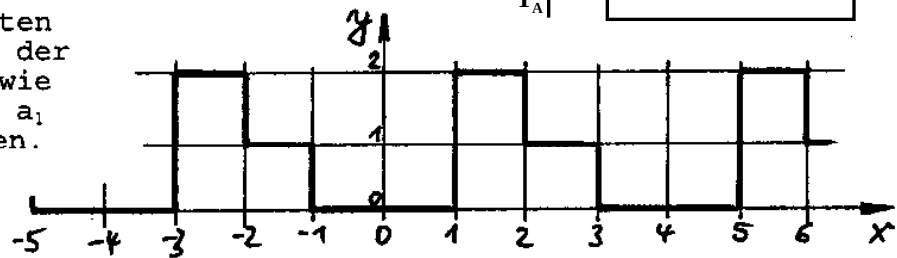
Zu bestimmen sind: Mittelwert, Standardabweichung und der systematische Fehler

Hilfestellung:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad ; \quad s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Aufgabe 6 (15 P)

Von dem abgebildeten Signalverlauf ist der Konstantanteil sowie die Koeffizienten a_1 und b_1 zu bestimmen.



Hinweis:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C \quad ; \quad \int \cos(ax) dx = \frac{1}{a} \sin(ax) + C$$

Hilfestellung:

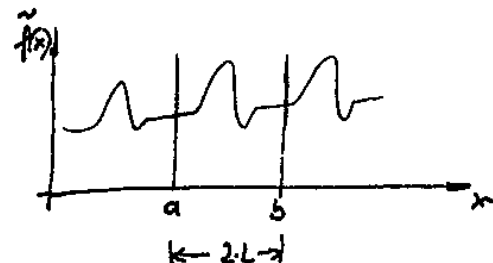
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n a_i \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) + \sum_{i=1}^n b_i \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right)$$

wobei

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 17.03.04 / Blatt 1

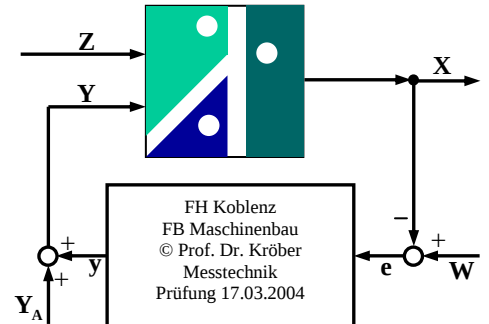
zu 1) $\underline{u_1 = 2,51 V}$

$\underline{u_2 = 2,49 V}$

$\underline{i = \frac{u_1 - u_2}{R} = \frac{2,51 V - 2,49 V}{100 \Omega} = 0,2 \mu A}$

$\underline{i = \frac{u_2 - u_3}{10 k\Omega} \Rightarrow u_3 = u_2 - i \cdot 10 k\Omega = 0,49 V}$

$\underline{i = \frac{u_4 - u_1}{10 k\Omega} \Rightarrow u_4 = u_1 + i \cdot 10 k\Omega = 4,51 V}$



zu 2) $\underline{\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot E_{MS} = \frac{1}{2} K \frac{\tau}{2G} = \frac{1}{2} \cdot K \frac{M_d}{2 \cdot G \cdot W_p} = \frac{K}{4 \cdot G \cdot W_p} \cdot M_d = \frac{4 \cdot K}{\pi \cdot G \cdot d^3} M_d}$

$\underline{d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot K \cdot M_d}{\frac{u_D}{u_B} \cdot \pi \cdot G}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2 \cdot 15,7 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 80000 \text{ N/mm}^2}} = 9,998 \text{ mm} \approx 10,0 \text{ mm}$

zu 3) $\frac{u_{\text{out}}}{u_{\text{in}}} = e^{-t/\tau}$; $T = R \cdot C = 20 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,2 \text{ s}$

$\frac{u_{\text{out}}}{5V} = e^{-\frac{0,45}{0,2}} = e^{-2,25} \Rightarrow u_{\text{out}} = 0,677 V$

$\underline{u_a = 5V - 0,677 V = 4,323 V}$

$\frac{u_{\text{out}}}{4,323 V - 2V} = e^{-\frac{0,65}{0,2}} = e^{-3,25} \Rightarrow u_{\text{out}} = 0,116 V$

$\underline{u_a = 2V + 0,116 V = 2,116 V}$

Lösungen Prüfung Messtechnik vom 17.03.04 / Blatt 2

$$m4) \epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{M_b}{E \cdot W_b}$$

$$\underline{\underline{\epsilon_1 = -\gamma \frac{F \cdot a}{E W_b} = -\gamma \frac{6 F a}{E b h^2} \quad ; \quad \epsilon_2 = \frac{F \cdot 2a}{E W_b} = \frac{12 \cdot F \cdot a}{E b h^2}}}$$

$$\underline{\underline{\epsilon_3 = -\gamma \frac{18 \cdot F \cdot a}{E b h^2} \quad ; \quad \epsilon_4 = \frac{24 \cdot F \cdot a}{E b h^2}}}$$

$$\begin{aligned} \frac{u_D}{u_B} &= \frac{K}{4} \left(\frac{12 \cdot F \cdot a}{E b h^2} + \frac{24 \cdot F \cdot a}{E b h^2} - \left(-\gamma \frac{6 F a}{E b h^2} \right) - \left(-\frac{18 \cdot F \cdot a}{E b h^2} \right) \right) \\ &= \dots = \underline{\underline{\frac{3(3+2\gamma) \cdot K \cdot a}{E b h^2} \cdot F}} \end{aligned}$$

$$m5) \underline{\underline{\bar{x} = \dots = 42,6}}$$

$$\underline{\underline{s_x = \sqrt{\frac{1}{5-1} [(42,1-42,6)^2 + (43,1-42,6)^2 + \dots]} = \sqrt{\frac{1}{4} (9,5^2 + 0,5^2 + 0^2 + 9,2^2 + 9,2^2)} = 0,381}}$$

$$\underline{\underline{s_{ys. Fehler} = \text{Messwert} - \text{wahrer Wert} = 42,6 - 42,9 = -0,3}}$$

$$m6) 2L = 4 - 0 = 4 \Rightarrow L = 2 \quad (a=0; b=4)$$

$$\underline{\underline{\frac{a_0}{2} = \frac{3}{4}}}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{2} \int_1^2 2 \cdot \cos\left(1 \cdot \frac{\pi}{2} x\right) dx + \frac{1}{2} \int_2^3 1 \cdot \cos\left(1 \cdot \frac{\pi}{2} x\right) dx = \int_1^2 \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx + \frac{1}{2} \int_2^3 \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx \\ &= \frac{2}{\pi} \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\pi} \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_2^3 = \frac{2}{\pi} \left[\sin \pi - \sin \frac{\pi}{2} \right] + \frac{1}{\pi} \left[\sin \frac{3\pi}{2} - \sin \pi \right] \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{a_1 = -\frac{3}{\pi} \approx -0,955}}$$

$$\begin{aligned} b_1 &= \int_1^2 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx + \frac{1}{2} \int_2^3 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx \\ &= -\frac{2}{\pi} \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_1^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\pi} \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_2^3 \\ &= -\frac{2}{\pi} \left[\cos \pi - \cos \frac{\pi}{2} \right] - \frac{1}{\pi} \left[\cos \frac{3\pi}{2} - \cos \pi \right] \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{b_1 = \frac{2}{\pi} - \frac{1}{\pi} = \frac{1}{\pi} \approx 0,318}}$$

