

# Auxiliar VII

## FALLAS

Gaspar Fábrega Ragni

Universidad de Chile, DIMEC

CHILE 2022.6



# Contents

1 Preguntas Conceptuales

2 EJERCICIOS:

## Preguntas Conceptuales

# Preguntas conceptuales

- Explique el concepto de fatiga, como se genera y cómo afecta al momento de diseñar con materiales que presentan este tipo de falla.

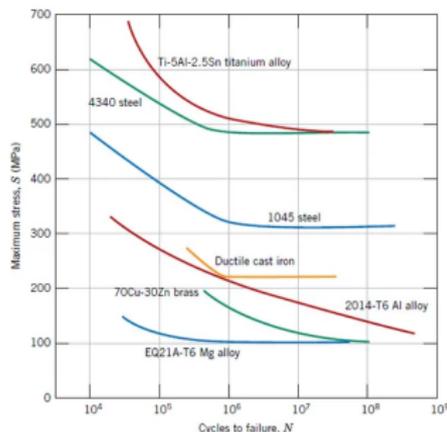
Las fallas por fatiga ocurren al someter un material a un esfuerzo fluctuante de tensión y compresión, mas bajo que su esfuerzo de fluencia (o mas bajo que el esfuerzo necesario para generar una ruptura en una sola aplicación de la carga).

Se estima que la fatiga corresponde al 90% de las fallas mecánicas en aplicaciones de uso general y puede observarse tanto en vehículos (automóviles, aviones, barcos) como en aplicaciones industriales y estructurales.

Buen resumen: [https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/05224G\\_Chapter14.pdf](https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/05224G_Chapter14.pdf)

# Preguntas conceptuales

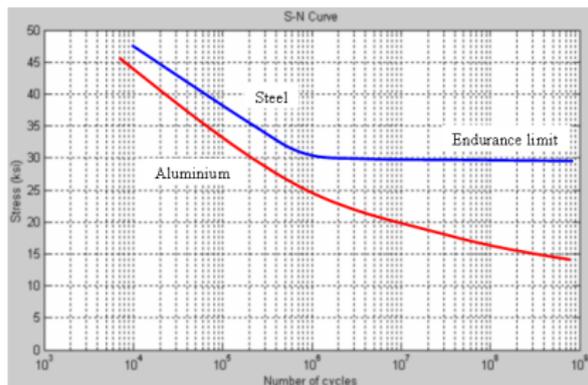
- ¿Por qué algunos materiales presentan un *limite de fatiga* y otros un *esfuerzo de fatiga*? compare los aceros con las aleaciones de aluminio.



La fatiga es un fenómeno complejo que suma diversos mecanismos de falla, que pueden o no estar presentes en distintos materiales, dependiendo de su microestructura, acabado superficial, tratamiento térmico, método de manufactura, etc...

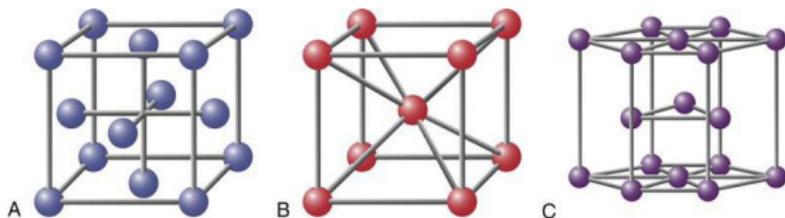
# Preguntas conceptuales

- ¿Por qué algunos materiales presentan un *limite de fatiga* y otros un *esfuerzo de fatiga*? compare los aceros con las aleaciones de aluminio.



Experimentalmente se ha comprobado que para algunos materiales, la fatiga se vuelve nula (el material puede ser sometido a un número indefinido de ciclos para cierta carga sin fallar), pero para otros, siempre existirá la probabilidad de falla por fatiga, independiente de la carga aplicada.

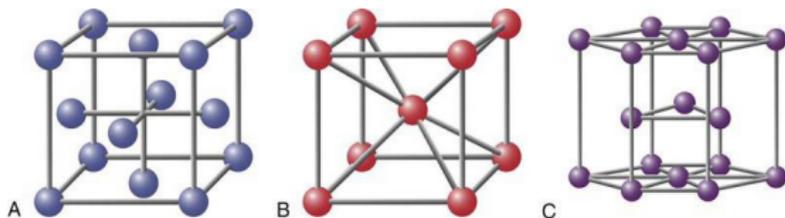
# Preguntas conceptuales



El principal mecanismo que puede explicar la presencia de un límite de fatiga es la estructura cristalina de los materiales. Para el aluminio, aleaciones de cobre y plomo:

- Materiales que no presentan un límite de fatiga son más dúctiles y menos rígidos, principalmente debido a que poseen una estructura cristalina FCC, donde existe la mayor cantidad posible de planos de deslizamiento, disminuyendo el esfuerzo necesario para generar movimientos de planos y de dislocaciones (principales mecanismos de deformación plástica).

# Preguntas conceptuales



Para materiales que si presentan un límite de fatiga, como muchos aceros, aleaciones de tungsteno y titanio:

- Materiales que presentan un límite de fatiga son menos dúctiles y más rígidos (un mayor módulo de elasticidad), principalmente debido a que poseen una estructura cristalina BCC o HCP, donde existe una menor cantidad posible de planos de deslizamiento, aumentando el esfuerzo necesario para generar movimientos de planos y de dislocaciones (principales mecanismos de deformación plástica).

# Preguntas conceptuales

- Indique brevemente cómo los siguientes factores afectan la vida a la fatiga:
  - Buen acabado superficial:
  - Presencia de agujeros de remache:
  - Un esfuerzo medio (mean tensile stress) significativo:
  - Un ambiente corrosivo:

# Preguntas conceptuales

- Buen acabado superficial:

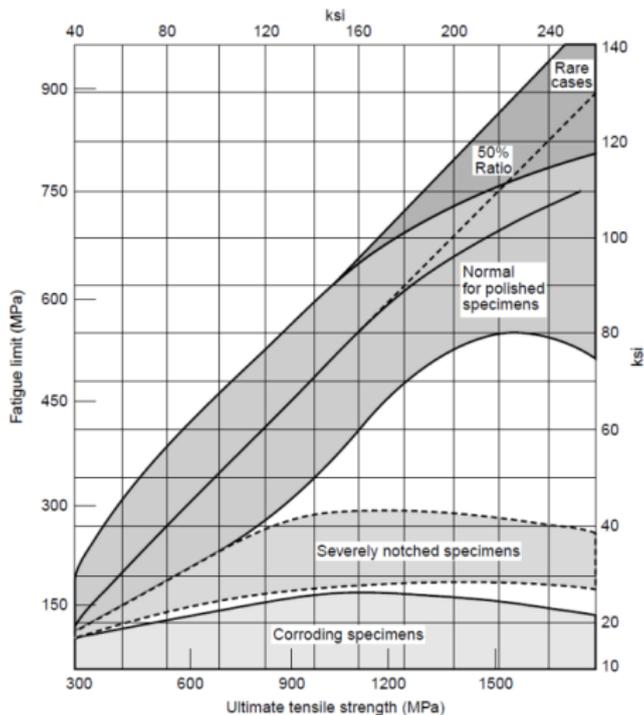
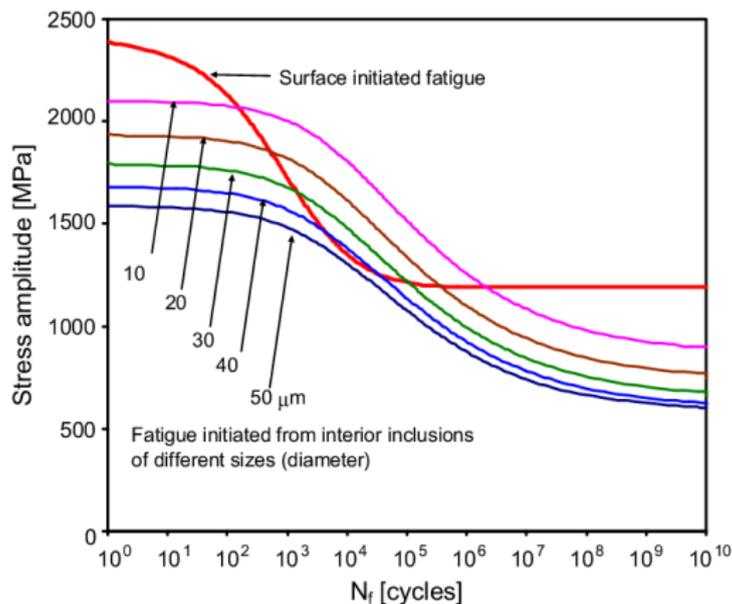


Figure 9.15 Effect of surface condition on fatigue limit in steel alloys.<sup>16</sup> (Reprinted with permission from John Wiley & Sons, Inc.)

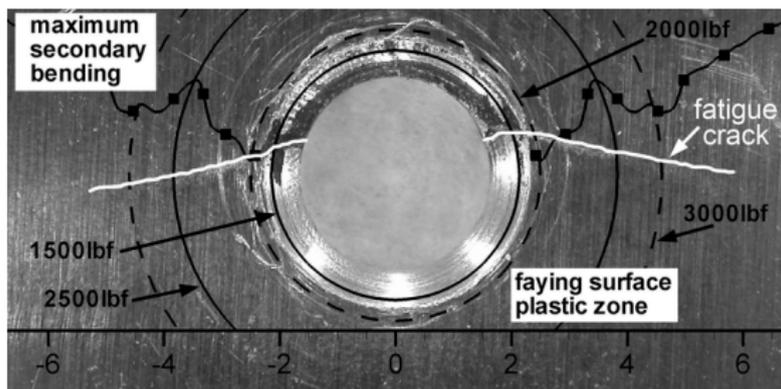
# Preguntas conceptuales

- Buen acabado superficial:



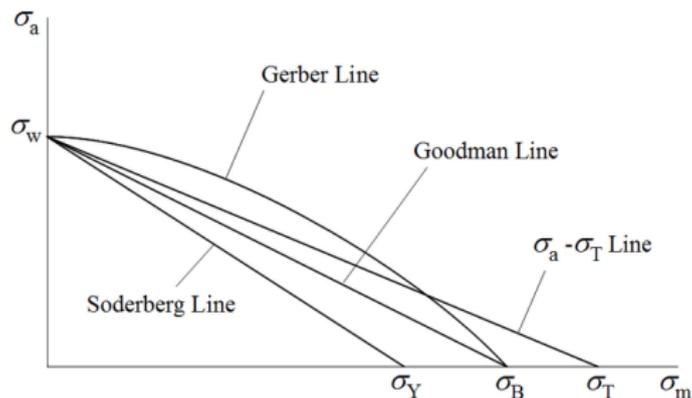
## Preguntas conceptuales

- Presencia de agujeros de remache:** Agujeros generados a propósito en el material, generan concentraciones de esfuerzos que aumentan el desgaste local y aceleran el proceso de fatiga.



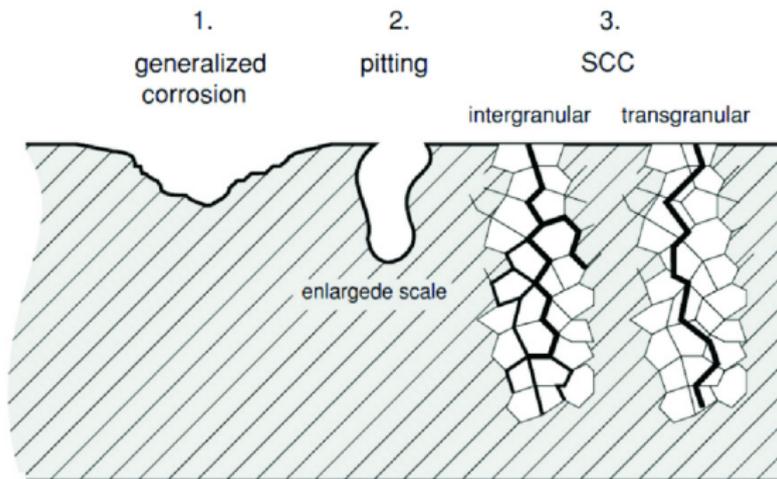
# Preguntas conceptuales

- Un esfuerzo medio (mean tensile stress) significativo:** Un esfuerzo medio importante disminuirá la vida a la fatiga, como se puede ver por en la regla de Goodman.



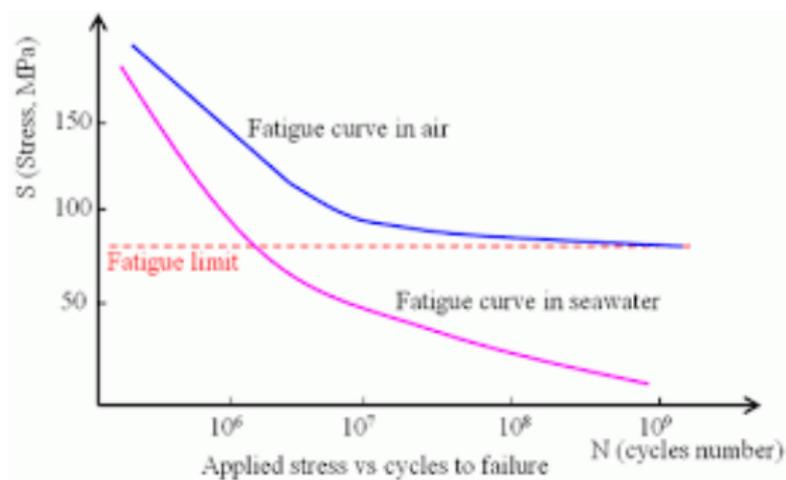
# Preguntas conceptuales

- **Un ambiente corrosivo:** La corrosión pueden picar la superficie, creando posibles grietas susceptibles a fatiga.



# Preguntas conceptuales

- **Un ambiente corrosivo:** La corrosión pueden picar la superficie, creando posibles grietas susceptibles a fatiga.



# Preguntas conceptuales

- ¿Cuál es la diferencia entre marcas de Chevron y Beach Markings?

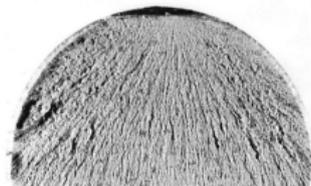
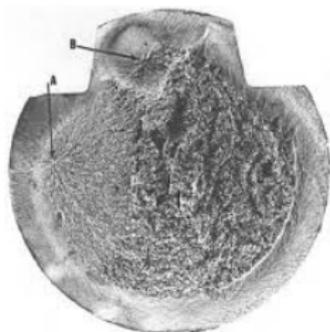


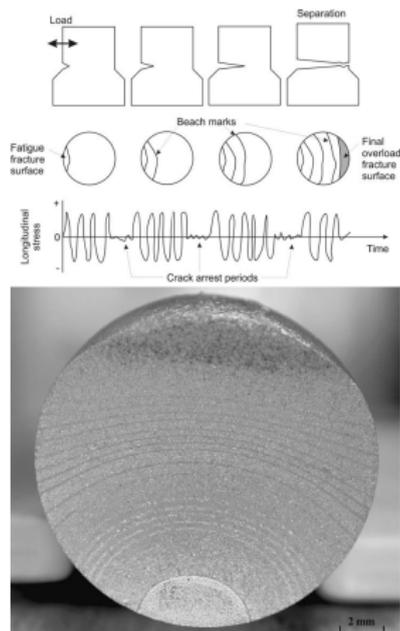
Figure 6.40 The Chevron pattern in a 0.5-in.-diameter quenched 4340 steel. The steel failed in a brittle manner by an impact blow

Las marcas de Chevron (*Chevron markings*) se generan durante una fractura catastrófica, para un material frágil, donde una grieta se propaga rápidamente al superarse el esfuerzo necesario para ello..

Se observan como marcas radiales desde el punto inicial de la fractura, que puede estar en la superficie o al interior de la pieza.

# Preguntas conceptuales

- ¿Cuál es la diferencia entre marcas de Chevron y Beach Markings?



Las marcas de playa (*beach markings*) se generan durante una falla por fatiga, y surgen de la propagación sucesiva del frente de una grieta con origen en una imperfección superficial .

Se observan como marcas concéntricas desde la grieta superficial original, y termina en una zona de fractura catastrófica instantánea.

## EJERCICIOS:

# Preguntas:

- P1: Un eje macizo para un horno de cemento producido con acero debe tener 96 pulgadas de largo y debe sobrevivir a un funcionamiento continuo durante un año con una carga aplicada de 12 500 lb. El eje hace una revolución por minuto durante la operación.

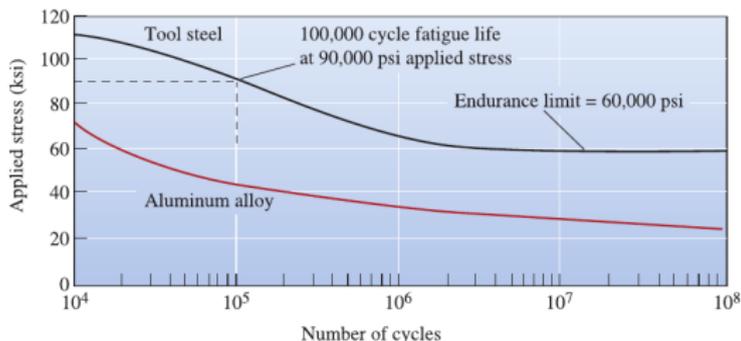


Figure 7-18 The stress-number of cycles to failure (S-N) curves for a tool steel and an aluminum alloy.

## P1:

Primero, calculamos el número de ciclos que nuestra pieza deberá sobrevivir:

$$\begin{aligned}
 N_c &= f \cdot t \\
 &= 1 \left[ \frac{rev}{min} \right] \cdot 1 [año] \cdot 365 \left[ \frac{dias}{año} \right] \cdot 24 \left[ \frac{horas}{dia} \right] \cdot 60 \left[ \frac{min}{h} \right] \\
 &= 5.25 \cdot 10^5 [rev]
 \end{aligned}$$

y a partir de este valor, y el gráfico SN, encontramos que:

$$\sigma = 72[kpsi]$$

## P1:

Utilizando que el esfuerzo máximo que experimenta una viga cilíndrica en rotación es:

$$\begin{aligned}\pm\sigma &= \frac{32FL}{\pi d^3} \\ \implies \\ d &= \sqrt[3]{\frac{32FL}{\pi\sigma}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 12500 \cdot 96}{\pi \cdot 72000}} \\ &= 5.537[in]\end{aligned}$$

Este corresponde al valor mínimo que podría tener la viga para sobrevivir el año bajo la carga aplicada.

# Preguntas:

- P2: Dibuje las líneas de Goodman y Gerber para un acero cuyo esfuerzo  $\sigma_{uts}$  es 1250 MPa y límite de fatiga (asumiendo carga completamente reversible) es 400 MPa.

Si este acero es cargado sinusoidalmente, con un esfuerzo alternante  $a = 150$  MPa ¿Cuál es el esfuerzo máximo que puede ser aplicado a la muestra sin que falle, tomando como válida la línea de Goodman?

## P2:

Sabemos que las formulas que definen las curvas de Goodman y Gerber son:

$$\left(\frac{n\sigma_m}{\sigma_b}\right)^2 + \frac{n\sigma_a}{\sigma_w} = 1 \quad \text{(Gerber)}$$

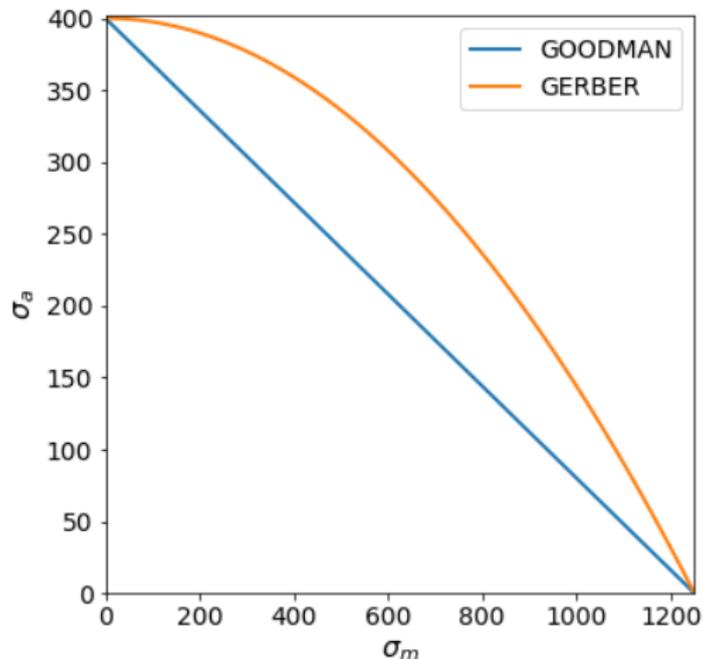
$$\frac{\sigma_m}{\sigma_b} + \frac{\sigma_a}{\sigma_w} = \frac{1}{n} \quad \text{(Goodman)}$$

donde:

- $\sigma_m$ : esfuerzo promedio
- $\sigma_a$ : amplitud del esfuerzo
- $\sigma_w$ : limite de fatiga
- $\sigma_b$ : esfuerzo UTS
- $n$ : factor de seguridad

## P2:

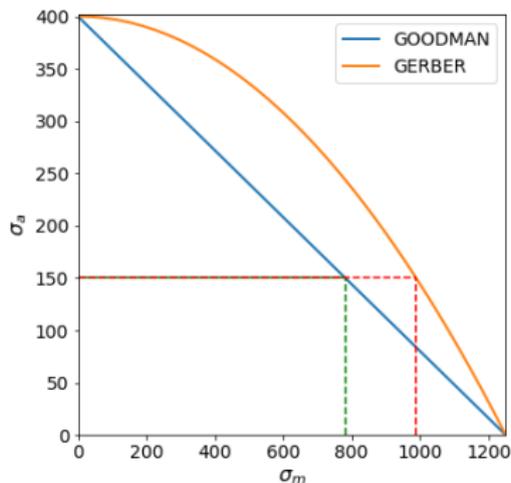
Con los valores del enunciado, podemos utilizar distintos métodos para graficar las curvas (**manual:** calculando puntos con calculadora, **programas:** matlab, python, etc), *usemos python:*



## P2:

Ahora, podemos utilizar las mismas ecuaciones para encontrar los valores en las curvas de Goodman y Gerber que corresponden al esfuerzo promedio máximo que podría resistir el material bajo un esfuerzo alternante de 150 MPa:

- $\sigma_m(\text{goodman}) = 781.25$
- $\sigma_m(\text{gerber}) = 988.21$



## Preguntas:

- P3: Determine la constante dimensional ( $C$ ) para un experimento de Frecuencia Flexural si el experimento se desarrolla con una probeta de 3 [mm] de espesor, 20 [cm] de largo y 2 [cm] de ancho. Considere un factor de corrección de 0,9.

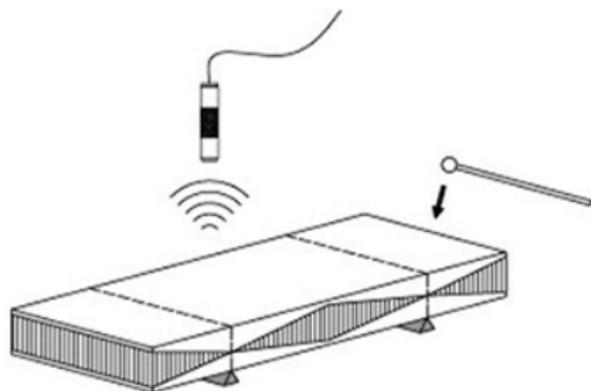
Para este problema tenemos 2 formulas:

$$E = C \cdot m \cdot f^2$$

Donde :

- $C$ : es una constante dimensional, dependiente de las dimensiones de la muestra y su coeficiente de poisson.
- $m$ : es la masa
- $f$ : frecuencia de vibracion del modo transversal

## P3:



$$E = 0.9465 \left( \frac{m f_f^2}{w} \right) \left( \frac{L^3}{t^3} \right) T$$

with  $E$  the Young's modulus  
 $f_f$  the flexural frequency  
 $m$  the mass  
 $L$  the length  
 $w$  the width  
 $t$  the thickness  
 $T$  the correction factor

## P3:

Si igualamos a ambos lados:

$$\begin{aligned}
 C \cdot m \cdot f^2 &= 0.9465 \left( \frac{m \cdot f_f^2}{w} \right) \left( \frac{L^3}{t^3} \right) \cdot T \\
 &\implies \\
 C &= 0.9465 \left( \frac{1}{w} \right) \left( \frac{L^3}{t^3} \right) \cdot T \\
 &= 0.9465 \left( \frac{1}{0.02} \right) \left( \frac{0.2^3}{0.003^3} \right) \cdot 0.9 \\
 &= 12.608 \cdot 10^6 [Pa \cdot kg^{-1} \cdot Hz^{-1}]
 \end{aligned}$$