EJERCICIOS TEMA 1 TERMODINAMICA

El motor de un automóvil suministra una potencia de 90 CV a 5000 r.p.m. El vehículo se encuentra subiendo una pendiente, por lo que tiene que vencer una fuerza de 1744,5 N en la dirección del movimiento. La transmisión del motor hasta las ruedas, de radio 0,3 m, tiene un rendimiento del 95%. Determine:

a) La velocidad máxima de ascensión.

b) El par motor en cada una de las ruedas tractoras.

c) La relación de cambio para conseguir la fuerza necesaria.

d) El consumo horario de gasolina en las condiciones del problema, teniendo en cuenta que el motor tiene un rendimiento térmico del 20% y que la gasolina tiene un poder calorífico de 9960 Kcal/Kg y una densidad de 0,75 Kg/dm^3.

(Propuesto Andalucía 96/97)

a. La potencia útil

$$P_{útil} = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot v$$

Como
$$v = \frac{d}{t} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{P_{útil}}{F}$$

$$P_{útil} = P_{suministrada} \cdot \eta_u = 90 \cdot 0{,}95 = 85{,}5\ CV = 85{,}5 \cdot 736 = 62928\ \mathrm{W}$$

La velocidad máxima de ascensión

$$v_{máx} = \frac{P_{útil}}{F} = \frac{62928}{1744{,}5} = 36\ \mathrm{m/s}$$

b. El par motor

$$M = F \cdot d = F \cdot r$$

siendo r el radio de la rueda.

Como cada rueda realiza la mitad de la fuerza, el par motor será

$$M = \frac{F \cdot r}{2} = \frac{1744{,}5 \cdot 0{,}3}{2} = 261{,}67\ \mathrm{N \cdot m}$$

c. La velocidad angular

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{36}{0{,}3} = 120\ \mathrm{rad/s}$$

$$120\ \mathrm{rad/s} = 120 \cdot \frac{60}{2\pi}\ \mathrm{r.p.m.} = 1146{,}5\ \mathrm{r.p.m.}$$

La relación de transmisión será de $\dfrac{1146{,}5}{5000} = 0{,}23$

d. La potencia calorífica que se debe aportar

$$P_{útil} = P_{aportada} \cdot 0{,}20 \quad \text{luego} \quad P_{aportada} = \frac{P_{útil}}{0{,}20} = \frac{62928}{0{,}20} = 314640 \text{ W}$$

$$P_{aportada} = 314640 \text{ J/s} = 0{,}24 \cdot 314640 \text{ J/s} = 75513{,}6 \text{ cal/s} =$$

$$= 75513{,}6 \cdot \frac{3600}{1000} = 271848 \text{ kcal/h}$$

$$P_{aportada} = G \cdot Q_e \quad \text{luego} \quad G = \frac{P_{aportada}}{Q_e} = \frac{271849}{9960} = 27{,}3 \text{ kg/h}$$

Donde G es el gasto y Q_e el poder calorífico

Como $Volumen = \dfrac{masa}{densidad}$

$$Volumen = \frac{m}{\rho} = \frac{27{,}3}{0{,}75}\frac{\text{kg/h}}{\text{kg/l}} = 36{,}4 \text{ l/h}$$

Un motor tiene una potencia indicada de 1600 CV y una presión media de 13,2 Kg/cm^2. El número de tiempos es cuatro, y el de cilindros ocho. Calcular la carrera del émbolo sabiendo que el número de revoluciones por minuto es 375 y que su diámetro es igual a la mitad de la carrera.

Denominando:

W_i al trabajo indicado

V_u al volumen del cilindro

p_{mi} a la presión media indicada

N al número de cilindros y

P_i a la potencia indicada

n_c al número de ciclos

El volumen o cilindrada unitaria $V_u = A \cdot L$ donde A es la sección del cilindro y L su carrera.

En un motor de cuatro tiempos, si el número de r.p.m. es n, luego

$$n_c = \frac{n}{2} = \frac{375}{2}$$

como nos dan n_c (por minuto), tenemos que dividir por 60

La potencia indicada vendrá dada por

$$P_i = \frac{W_i}{t} = W_i \cdot n_c = p_{mi} \cdot V_u \cdot N \cdot n_c = p_{mi} \cdot A \cdot L \cdot N \cdot n_c$$

$$P_i = p_{mi} \cdot A \cdot L \cdot N \cdot n_c = p_{mi} \cdot A \cdot L \cdot N \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{60}$$

$$D = \frac{L}{2} \Rightarrow L = 2 \cdot D$$

y como $1\,\mathrm{C.V.} = 736\,\mathrm{W}$

$$1600\,\mathrm{C.V.} = 1177600\,\mathrm{W} = 1177600\,\mathrm{N \cdot m/s} =$$

$$= \frac{1177600 \cdot 100}{9,8}\,\mathrm{kgf \cdot N \cdot m \cdot cm/(N \cdot m \cdot s)} = 120163,26\,\mathrm{kgf \cdot cm/s}$$

$$120163,26\,\mathrm{kgf \cdot cm/s} = 13,2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{2 \cdot D \cdot 8 \cdot 375}{120}\,\mathrm{kgf \cdot N/(cm^2 \cdot s)}$$

$$D^3 = \frac{12016326 \cdot 2 \cdot 120}{13,2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 375} = 23193\,\mathrm{cm^3} \Rightarrow D = 28,5\,\mathrm{cm}$$

La carrera será $L = 2 \cdot D = 2 \cdot 28,5 = 57\,\mathrm{cm}$

Un motor de gasolina consume 8 l/h de combustible cuya densidad es 0,75 Kg/dm^3. El calor de combustión es de 10000 Kcal/kg. Si el rendimiento del motor es el 30%, determine:

a) ¿Cuántas calorías se convierten en trabajo?

b) ¿Cuántas calorías se disipan?

c) ¿Qué potencia desarrolla el motor?

a. Como la masa es $m = V \cdot \rho$ y $1\,\mathrm{dm^3} = 1\,\mathrm{l}$, el gasto G será

$$G = 8 \cdot 0,75 = 6\,\mathrm{kg/h}$$

Por lo que el calor útil transformado en trabajo será

$$Q_u = G \cdot Q_e \cdot \eta_u = 6 \cdot 10000 \cdot 0,3 = 18000\,\mathrm{kcal/h}$$

b. Denominando Q_p y η_p al calor perdido y rendimiento perdidos respectivamente

$$Q_p = G \cdot Q_e \cdot \eta_p = G \cdot Q_e \cdot \frac{(100 - \eta_u)}{100} = 6 \cdot 10000 \cdot 0,7 = 42000\,\mathrm{kcal/h}$$

c. La potencia que desarrolla el motor es la potencia útil, que la obtendremos del calor útil

$$18000\,\mathrm{kcal/h} = 18000 \cdot \frac{1000}{3600} \cdot 4,18\,(\mathrm{cal/s}) \cdot (\mathrm{J/cal}) = 20900\,\mathrm{J/s}$$

La potencia desarrollada será

$$P = 20900\,\mathrm{W} = 20,9\,\mathrm{kW}$$

El motor de una embarcación desarrolla una potencia de 150 CV y consume 175 g/CV.h de un combustible de 0,85 Kg/dm^3 de densidad y 41700 KJ/Kg de poder calorífico. Calcule:

a) Horas de navegación con un deposito de 100 litros de combustible.

b) El rendimiento del motor.

a. $Consumo = 175 \cdot 150 \cdot \dfrac{\mathrm{g}}{\mathrm{CV \cdot h}} \cdot \mathrm{CV} = 26250\ \mathrm{g/h} = 26{,}25\ \mathrm{kg/h}$

El gasto o consumo en volumen

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{26{,}25}{0{,}85} \cdot \frac{\mathrm{kg/h}}{\mathrm{kg/l}} = 30{,}88\ \mathrm{l/h}$$

Con 100 litros las horas de navegación serían

$$horas = \frac{100}{30{,}88} \cdot \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{l/h}} = 3{,}23\ \mathrm{h}$$

b. El calor útil transformado en trabajo o potencia horaria es $Q_u = G \cdot Q_e \cdot \eta_u$

$$\eta = \frac{Q_u}{G \cdot Q_e} = \frac{150 \cdot 0{,}736}{\frac{26{,}25}{3600} \cdot 41700} \cdot \frac{\mathrm{kW}}{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} \cdot \frac{\mathrm{kW \cdot s}}{\mathrm{kg}}} = 0{,}363 \quad \Rightarrow \quad 36{,}3\%$$

Un motor de explosión de dos cilindros y cuatro tiempos, trabaja a 4000 r.p.m., con una presión media efectiva (Pme) de 4,1 Kg/cm^2. El diámetro del cilindro es de 60 mm y la carrera de 90 mm. Calcular:

a) El par motor en N.m.

b) La potencia en CV.

a. Denominando:

p_{me} a la presión media efectiva

A a la superficie del cilindro y

L a la carrera

El trabajo útil será

$$W_u = p_{me} \cdot A \cdot L = 4{,}1 \cdot 9 \cdot \pi \cdot 0{,}09 = 10{,}42\ \mathrm{kgf \cdot m}$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{6^2}{4} = 9\pi\ \mathrm{cm}^2$$

$$W_u = 10{,}42\,\text{kgf}\cdot\text{m} = 10{,}42\cdot 9{,}8 = 102{,}1\ \text{J}$$

En motores de cuatro tiempos monocilíndricos, el par motor $M = \dfrac{W_u}{4\pi}$

$$M = \frac{102{,}1}{12{,}56} = 8{,}13\ \text{N}\cdot\text{m}$$

El par total ejercido se obtiene multiplicando por el número de cilindros

$$M_{(total)} = 8{,}13\cdot 2 = 16{,}26\ \text{N}\cdot\text{m}$$

b. La potencia útil P_u viene dada por la expresión

$$P_u = \frac{W_u}{t} = p_{me}\cdot A\cdot L\cdot N\cdot n_c = p_{me}\cdot A\cdot L\cdot N\cdot\frac{n}{2}\cdot\frac{1}{60}$$

$$P_u = 4{,}1\cdot 9\pi\cdot 0{,}09\cdot 2\cdot\frac{4000}{120}\cdot\frac{9{,}8}{736}\ \text{N}\cdot\text{m/s} = 9{,}25\ \text{CV}$$

Un motor diesel consume 6 l/h de gasoil cuyo poder calorífico es de 10000 Kcal/kg y cuya densidad es de 0,8 Kg/l. Si el rendimiento global del motor es el 25% y gira a 4500 r.p.m., halle el par motor que suministra.

La masa viene dada por la expresión $m = V\cdot\rho$

El gasto en masa será

$$G = 6\cdot 0{,}8 = 4{,}8\ \text{kg/h}$$

Siendo G el gasto, Q_e el poder calorífico y η_u el rendimiento, el calor útil transformado en trabajo será

$$Q_{útil} = G\cdot Q_e\cdot\eta_u = 4{,}8\cdot 10000\cdot 0{,}25 = 12000\ \text{kcal/h}$$

Convertimos a vatios

$$12000\ \text{kcal/h} = 12000\cdot\frac{1000}{3600}\cdot 4{,}18 = 13933{,}3\ \text{J/s} = 13933{,}3\ \text{W}$$

La potencia útil viene dada por $P_u = M\cdot\omega$

Siendo M el par motor y ω la velocidad angular

$$M = \frac{P_u}{\omega} = \frac{13933{,}3}{4500\cdot\dfrac{2\pi}{60}} = 29{,}56\ \text{N}\cdot\text{m}$$

Leyendo una revista, observamos los siguientes datos oficiales referidos a un automóvil:

Diámetro x carrera: 82,5 x 92,8 mm.

Relación de compresión: 10,5:1.

Potencia máxima: 110 KW a 6000 r.p.m.

Par máximo: 180,32 N·m a 4600 r.p.m.

A la vista de estos datos, responda:

a) ¿Se trata de un motor de encendido por chispa o de encendido por compresión?. Razone la respuesta.

b) ¿ Cuál es su cilindrada, si tiene cuatro cilindros?.

c) ¿Cuál será el par motor al régimen de potencia máxima?.

a. En los motores de encendido por compresión, la relación de la misma es del orden de 20 : 1 o superior. Es por lo que se deduce que el motor es de encendido por chispa.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{82{,}5^2}{4} = 5342{,}9\ \mathrm{mm}^2$$

Si V_u es el volumen unitario del cilindro, el volumen total de los cuatro cilindros es

$$V_t = 4 \cdot V_u = 4 \cdot A \cdot L = 4 \cdot 3542{,}9 \cdot 92{,}8 = 1983284{,}4\ \mathrm{mm}^3 = 1983{,}28\ \mathrm{cm}^3$$

b. La potencia máxima en función del par motor y de la velocidad angular

$$P_{\text{máx}} = M \cdot \omega$$

$$M = \frac{P_{\text{máx}}}{\omega} = \frac{110 \cdot 10^3}{6000 \cdot \dfrac{2\pi}{60}} = \frac{110 \cdot 10^3}{200\pi} \cdot \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{rad/s}} = 175\ \mathrm{N \cdot m}$$

c. La potencia máxima del motor es diferente a la potencia máxima efectiva del motor.

La potencia máxima es la potencia a la que se puede llevar como máximo el motor con un régimen de revoluciones elevado, pero en esta situación el llenado de los cilindros es irregular, no obteniéndose el par máximo.

El par máximo es inferior al de la potencia máxima, denominando potencia máxima efectiva a la correspondiente al par máximo obtenido.

Un fabricante está comprobando el prototipo de un motor en un banco de pruebas obteniendo los siguientes resultados:

Régimen de giro: 3000 r.p.m.

Par obtenido: 120 N.m.

Consumo de combustible: 10 l/h.

Se desea saber:

a) **La potencia que está suministrando.**

b) **El consumo específico (g/KW·h), si el combustible tiene una densidad de 0,8 Kg/dm3.**

c) **El rendimiento, teniendo en cuenta que el combustible tiene un poder calorífico de 41700 KJ/Kg.**

a. La potencia útil

$$P_u = M \cdot \omega$$

$$3000\ \text{r.p.m.} = 3000 \cdot \frac{2\pi}{60} = 314\ \text{rad/s}$$

$$P_u = 120 \cdot 314\ \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad/s} = 37680\ \text{W} = 37{,}68\ \text{kW}$$

b. El consumo en unidades de masa

Como $m = V \cdot \rho$ $\qquad$ $m = 10 \cdot 0{,}8 \cdot (\text{l/h}) \cdot (\text{kg/l}) = 8\text{kg/h}$

El consumo específico de combustible G_{pe} es

$$G_{pe} = \frac{1}{\eta \cdot Q_e}$$

$$P_u = G \cdot Q_e \cdot \eta \quad \Rightarrow \quad Q_e \cdot \eta = \frac{P_u}{G} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{Q_e \cdot \eta} = \frac{G}{P_u}$$

$$G_{pe} = \frac{G}{P_u} = \frac{8}{37{,}68} \cdot \frac{\text{kg/h}}{\text{kW}} = \frac{8000}{37{,}68} \cdot \frac{\text{g/h}}{\text{kW}} = 212{,}3\ \text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$\eta = \frac{1}{G_{pe} \cdot Q_e} = \frac{1}{\frac{0{,}2123}{3600} \cdot 41700} \cdot \frac{1}{\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{s}} \cdot \frac{\text{kW} \cdot \text{s}}{\text{kg}}} = 0{,}4066 \quad \Rightarrow \quad 40{,}66\ \%$$

Un motor de tipo Otto de cuatro tiempos posee un rendimiento mecánico del 50% y desarrolla una potencia útil o efectiva de 60KW a 4000 r.p.m. Calcule:

a) Par que está suministrando.

b) Trabajo producido en una hora.

c) Trabajo indicado por ciclo.

a. El par motor

$$M = \frac{P_e}{\omega} = \frac{60000}{4000 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 143{,}31\,\mathrm{N \cdot m}$$

b. El trabajo efectivo

$$W_e = P_e \cdot t = 60 \cdot 10^3 \cdot 3600\, W \cdot s = 2{,}16 \cdot 10^8 \ \mathrm{J}$$

c. El rendimiento mecánico η_m

$$\eta_m = \frac{Potencia\ efectiva}{Potencia\ indicada} = \frac{P_e}{P_i}$$

$$P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{60 \cdot 10^3}{0{,}5} = 120\ \mathrm{kW}$$

La potencia indicada en función del trabajo indicado y del tiempo

$$P_i = \frac{W_i}{t} = W_i \cdot n_c$$

En un motor de cuatro tiempos, el número de ciclos n_c

$$n_c = \frac{r.p.m.}{2} = \frac{4000}{2} = 2000\ \mathrm{c.p.m.}$$

Luego el trabajo indicado

$$W_i = \frac{P_i}{n_c} = \frac{120 \cdot 10^3}{2000} = 60\ \mathrm{J/ciclo}$$

cletas de 125 c.c. y hasta 15 c.v. de potencia máxima. De los datos de un fabricante se sabe que la carrera del motor de un determinado modelo es de 54,5 mm, que la relación de compresión es de 12 : 1 y que la potencia máxima se alcanza a 10000 r.p.m. Calcule:

a) La potencia máxima permitida en KW.

b) Diámetro del cilindro.

c) Volumen de la cámara de combustión.

d) Par que proporciona a la potencia máxima.

a. La potencia máxima permitida

$$15\ \mathrm{CV} = 15 \cdot 736 = 11040\ \mathrm{W} = 110{,}4\ \mathrm{kW}$$

b. La superficie del cilindro

$$A = \frac{V}{L} = \frac{125}{5{,}45} = 22{,}93\ \mathrm{cm}^2$$

por lo que el diámetro

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22{,}93}{\pi}} = 5{,}4\ \mathrm{cm}$$

c. La relación de compresión

$$R_c = \frac{V_c + V_u}{V_c} \quad \left| \begin{array}{l} V_u = \text{Volumen unitario} \\ V_c = \text{Volumen de la cámara de combustión} \end{array} \right.$$

$$12 = \frac{V_c + V_u}{V_c}$$

$$V_c = \frac{V_u}{11} = \frac{125}{11} = 11{,}36\ \mathrm{cm}^3$$

d. El par que proporciona la potencia máxima

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{11040}{10000 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 10{,}547\ \mathrm{N \cdot m}$$

Un motor de gasolina opera con un volumen de desplazamiento de 3L a 4000 rpm y una razón de compresión de 9.5. Suponga $T_A = 300$, $R = 287$ kJ/kg K, $T_C = 1623$ K y se utilizan calores específicos no molares.

$V_{desplazamiento} = 3L = 0.003\ m^3$
rpm = 4000 rpm
$r = 9.5$
$P_A = 1.00 \times 10^5$ Pa
$T_A = 300$ K
$T_C = 1623$ K
$c_V = 718$ J/kg K
$c_p = 1005$ J/kg K
$R = 287$ kPa/m³/kg K
$\gamma = 1.4$

$V_B = Vdesp/(6(r-1)) = 5.88235 \times 10^{-5}\ m^3$
$V_A = r\ V_B = 0.000558824\ m^3$
$m = P_A\ V_A/(RT_A) = 6.49 \times 10^{-4}$ kg

$P_B = P_A\,(V_A/V_B)^\gamma = 2.34 \times 10^6$ Pa
$T_B = P_B\ V_B/(R\ m) = 738.26$ K
$P_C = m\,R\,T_C/V_B = 5.14 \times 10^6$ Pa
$P_D = P_C\,(V_B/V_A)^\gamma = 2.20 \times 10^5$
$T_D = P_D\ V_A/(m\ R) = 659.52$ K
$c_P - c_V = 287$
$Q_c = Q_{entra} = m\ c_V(T_C - T_B) = 412.30$ J
$Q_f = Q_{sale} = m\ c_V(T_D - T_A) = 167.54$ J
$W_{neto} = Q_c - Q_f = 244.76$ J
Potencia = (6/2) (*rpm*/60) *Wneto*
= 48951 W = *W*/740 = 66.15 hp

Un motor de Diesel opera con un volumen de desplazamiento de 2L a 3000 rpm, una razón de compresión de 22 y una razón de compresión crítica $r_c = 2$. Suponga $T_A = 300$, $R = 287$ kJ/kg K y se utilizan calores específicos no molares.

$V_{desplazamiento} = 2L = 0.002\ m^3$
rpm = 3000 rpm
$r = 22$
$P_A = 1.00 \times 10^5$ Pa
$T_A = 300$ K
$T_C = 1623$ K
$c_V = 718$ J/kg K
$c_p = 1005$ J/kg K
$R = 287$ kPa/m³/kg K
$\gamma = 1.4$

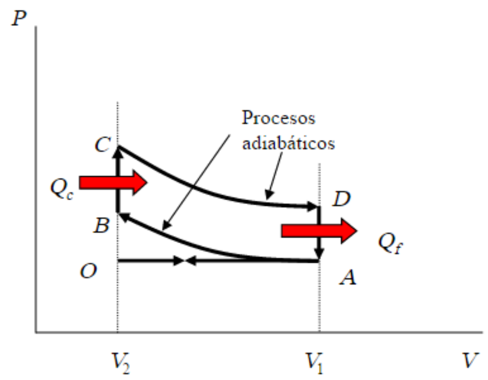
$V_A = 2L/4 = 0.0005\ m^3$
$V_B = V_{desp}/(6(r-1)) = 5.88235 \times 10^{-5}\ m^3$
$m = P_A\ V_A/(RT_A) = 5.81 \times 10^{-4}$ kg

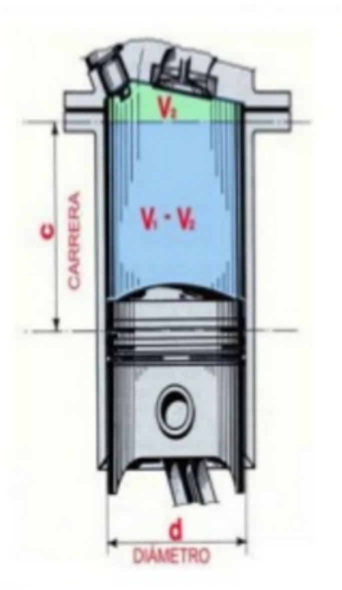
$P_B = P_A\,(V_A/V_B)^\gamma = 7.57 \times 10^6$ Pa
$T_B = P_B\ V_B/(R\ m) = 1{,}030$ K
$T_C = 2\,T_B = 2{,}060$ K

$P_C = P_B$
$P_D = P_C\,(V_C/V_D)^\gamma = P_C\,(V_C/V_B)^\gamma(V_B/V_D)^\gamma =$
$P_C\,(r_c)^\gamma(r)^\gamma = 2.64 \times 10^5$ Pa
$T_D = P_D\ V_A/(m\ R) = 792$ K
$c_P - c_V = 287$
$Q_c = Q_{entra} = m\ c_P\,(T_C - T_B) = 601$ J
$Q_f = Q_{sale} = m\ c_V\,(T_D - T_A) = 205$ J
$W_{neto} = Q_c - Q_f = 396$ J
Potencia = (4/2) (*rpm*/60) *Wneto*
= 39600 W = *W*/740 = 53 hp

En un cilindro de un motor de automóvil, justo después de la combustión, el gas se confina en un volumen de 50.0 cm^3 y tiene una presión inicial de 3.00 x 10^6 Pa. El pistón se mueve hacia afuera a un volumen final de 300 cm^3 y el gas se expande sin pérdida de energía por calor. a) Si $\gamma = 1.40$ para el gas, ¿cuál es la presión final?

$$P_C V_C^{\gamma} = P_D V_D^{\gamma}$$





Calcular la cilindrada unitaria (volumen) de un cilindro de un motor, con los siguientes parámetros:

Carrera del pistón = 90 mm

Diámetro = 84 mm

V = s x c

s = π x r2

s = 3,1416 x (42 mm)2

s = 5541,8 mm2

V = 55416 mm2 x 90 mm

V = 498760 mm3

Para transformar los mm3 en cm3 dividir entre 1000.

V = 498760 : 1000 = 498,760 cm3

V = 498,760 cm3