FISIMAT.com.mx

FÍSICA • TERMODINÁMICA

Ing. Carlos Julián
Guía Exclusiva de Estudio

Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Guía Maestra de 25 Ejercicios Resueltos Paso a Paso y Formulario Práctico

🎁 Edición de Estudio Gratuita (Primeros 5 Resueltos + 20 de Práctica)

⭐ Formulario Rápido y Conceptos Fundamentales

Eficiencia Máxima de una Máquina de Carnot: Límite máximo teórico de rendimiento entre dos focos térmicos absolutos.

$$\eta_C = 1 - \frac{T_C}{T_H} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \qquad (T_C, T_H \text{ en Kelvin})$$

Eficiencia Termodinámica General y Primera Ley: Relación entre el trabajo útil neto, el calor absorbido Q_H y el calor cedido Q_C.

$$\eta = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}, \qquad W_{\text{neto}} = Q_H - Q_C$$

Proporcionalidad de Calores en Ciclo Reversible: Exclusiva para ciclos reversibles de Carnot operando en escala Kelvin.

$$\frac{Q_C}{Q_H} = \frac{T_C}{T_H}$$

Coeficiente de Desempeño del Refrigerador de Carnot: Mide cuánta energía térmica se extrae del espacio frío por cada joule de trabajo eléctrico.

$$\text{COP}_R = \frac{Q_C}{W} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

Coeficiente de Desempeño de la Bomba de Calor: Mide el calor entregado al foco caliente por unidad de trabajo suministrado.

$$\text{COP}_{BC} = \frac{Q_H}{W} = \frac{T_H}{T_H - T_C} = \text{COP}_R + 1$$

Parte 1: Calentamiento (Uso Directo de Fórmulas)

Enfocada en afianzar conceptos clave y despejes básicos.

Ejercicio 1 **Eficiencia de Carnot con temperaturas dadas directamente en Kelvin**

Una máquina de Carnot opera entre un foco caliente a $T_H = 800\ \text{K}$ y un foco frío a $T_C = 320\ \text{K}$. Calcula su eficiencia máxima.

💡 **Procedimiento Paso a Paso:**

Datos Clave:

- $T_H = 800\ \text{K}, T_C = 320\ \text{K}$

Fórmula y Despeje:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Sustitución y Operaciones:

$$\eta_C = 1 - \frac{320}{800} = 1 - 0.40 = 0.60 = 60\%$$

RESULTADO: $60\%\ (0.60)$

Nota Física: De cada $100\ \text{J}$ absorbidos del foco caliente, máximo $60\ \text{J}$ pueden convertirse en trabajo.

Ejercicio 2 **Eficiencia convirtiendo grados Celsius a Kelvin**

Calcula la eficiencia de Carnot entre $t_H = 327°\text{C}$ y $t_C = 27°\text{C}$ (usa $0°\text{C} = 273\ \text{K}$).

💡 **Procedimiento Paso a Paso:**

Datos Clave:

- $T_H = 327 + 273 = 600\ \text{K}$
- $T_C = 27 + 273 = 300\ \text{K}$

Fórmula y Despeje:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Sustitución y Operaciones:

$$\eta_C = 1 - \frac{300}{600} = 1 - 0.50 = 0.50 = 50\%$$

RESULTADO: 50%

Nota Física: Usar Celsius habría arrojado un erróneo 91.74%.

Ejercicio 3 **Trabajo neto obtenido a partir de eficiencia y Q_H**

Una máquina de Carnot con eficiencia del 40% absorbe $Q_H = 2500\ \text{J}$ de una caldera. ¿Cuánto trabajo útil produce y cuánto calor desecha?

💡 **Procedimiento Paso a Paso:**

Datos Clave:

- $\eta_C = 0.40, Q_H = 2500\ \text{J}$

Fórmula y Despeje:

$$W = \eta_C Q_H, \qquad Q_C = Q_H - W$$

Sustitución y Operaciones:

$$W = 0.40(2500) = 1000\ \text{J}; \qquad Q_C = 2500 - 1000 = 1500\ \text{J}$$

RESULTADO: $W = 1000\ \text{J},\ Q_C = 1500\ \text{J}$

Nota Física: La suma $W + Q_C = 1000 + 1500 = 2500 = Q_H$ verifica la Primera Ley.

Ejercicio 4 **Cálculo de temperatura del foco caliente dada la eficiencia**

Se diseña una máquina de Carnot para alcanzar $\eta_C = 60\%$ expulsando calor al ambiente a $T_C = 300\ \text{K}$. ¿Qué temperatura T_H debe tener la caldera?

💡 **Procedimiento Paso a Paso:**

Datos Clave:

- $\eta_C = 0.60, T_C = 300\ \text{K}$

Fórmula y Despeje:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_C}{T_H} \implies T_H = \frac{T_C}{1 - \eta_C}$$

Sustitución y Operaciones:

$$T_H = \frac{300}{1 - 0.60} = \frac{300}{0.40} = 750\ \text{K}$$

RESULTADO: $T_H = 750\ \text{K}\ (477^\circ\text{C})$

Nota Física: Aumentar la eficiencia requiere incrementar significativamente la temperatura de la fuente caliente.

Ejercicio 5 **Despeje de Q_C usando relación reversible de temperaturas**

Una máquina reversible absorbe $1200\ \text{J}$ a $600\ \text{K}$ y cede calor a $250\ \text{K}$. Calcula el calor Q_C cedido al sumidero.

💡 **Procedimiento Paso a Paso:**

Datos Clave:

- $Q_H = 1200\ \text{J}, T_H = 600\ \text{K}, T_C = 250\ \text{K}$

Fórmula y Despeje:

$$Q_C = Q_H \frac{T_C}{T_H}$$

Sustitución y Operaciones:

$$Q_C = 1200 \left(\frac{250}{600} \right) = 500\ \text{J}$$

RESULTADO: $Q_C = 500\ \text{J}$

Nota Física: El trabajo neto resulta $1200 - 500 = 700\ \text{J}$.

Parte 2: Análisis y Aplicación Práctica

Problemas contextualizados que requieren más de un paso analítico.

Ejercicio 6 **Verificación de viabilidad según el Teorema de Carnot**

Un inventor afirma que su motor térmico recibe $2000\ \text{J}$ a $500\ \text{K}$, produce $900\ \text{J}$ de trabajo y opera con un foco frío a $300\ \text{K}$. ¿Es físicamente posible?

Datos del Problema:

- $\eta_{\text{propuesta}} = \frac{900}{2000} = 45\%$
- $T_H = 500\ \text{K}, T_C = 300\ \text{K}$

🔒

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas**

Ejercicio 7 Potencia mecánica de una central termoeléctrica ideal

Una planta de Carnot opera entre 527°C y 27°C recibiendo calor a razón de $\dot{Q}_H = 160\ \text{MW}$. Calcula su potencia eléctrica ideal P y el calor desechado por segundo.

Datos del Problema:

- $T_H = 800\ \text{K}, T_C = 300\ \text{K}$
- $\dot{Q}_H = 160\ \text{MW}$



¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 8 COP de un refrigerador ideal de Carnot

Un refrigerador ideal mantiene su interior a -3°C dentro de una cocina a 27°C. Calcula su coeficiente de desempeño COP_R.

Datos del Problema:

- $T_C = -3 + 273 = 270\ \text{K}$
- $T_H = 27 + 273 = 300\ \text{K}$



¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 9 Trabajo necesario para extraer calor en un refrigerador

Si el refrigerador anterior ($\text{COP}_R = 9.0$) extrae $3600\ \text{J}$ del interior frío, ¿cuánto trabajo eléctrico consume y cuánto calor libera a la cocina?

Datos del Problema:

- $\text{COP}_R = 9.0, Q_C = 3600\ \text{J}$



¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 10 Bomba de calor de Carnot para calefacción invernal

Una bomba de calor ideal mantiene una casa a $22^\circ\mathrm{C}$ tomando calor del exterior a $-8^\circ\mathrm{C}$. Calcula su COP_{BC} y el calor entregado a la casa si consume $2\ \mathrm{kW}$.

Datos del Problema:

- $T_H = 295\ \mathrm{K}, T_C = 265\ \mathrm{K}$
- $\dot{W} = 2\ \mathrm{kW}$

🔒

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 11 Comparación: aumentar T_H vs disminuir T_C en ΔT

Una máquina de Carnot opera entre $T_H = 600\ \mathrm{K}$ y $T_C = 300\ \mathrm{K}$ ($\eta = 50\%$). ¿Qué produce mayor ganancia de eficiencia: subir T_H en $100\ \mathrm{K}$ o bajar T_C en $100\ \mathrm{K}$?

Datos del Problema:

- Caso A: $T_H = 700, T_C = 300$
- Caso B: $T_H = 600, T_C = 200$

🔒

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 12 Trabajo a partir de diagrama Temperatura-Entropía (T-S)

En el plano T-S, un ciclo de Carnot forma un rectángulo entre $T_C = 300\ \mathrm{K}$ y $T_H = 750\ \mathrm{K}$ con variación de entropía $\Delta S = 4\ \mathrm{J/K}$. Calcula Q_H, Q_C y W.

Datos del Problema:

- $\Delta S = 4\ \mathrm{J/K}$
- $T_H = 750\ \mathrm{K}, T_C = 300\ \mathrm{K}$

🔒

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 13 Máquina real con fracción de la eficiencia de Carnot

Una turbina opera entre 427°C y 77°C, logrando el 60% de la eficiencia ideal de Carnot. Si produce $30\ \text{kW}$, ¿cuánto calor por segundo absorbe?

Datos del Problema:

- $T_H = 700\ \text{K}, T_C = 350\ \text{K} \implies \eta_C = 50\%$
- $\eta_{\text{real}} = 0.60(0.50) = 0.30$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 14 Cambio de entropía en las dos isotérmicas del ciclo

Una máquina de Carnot absorbe $4000\ \text{J}$ a $500\ \text{K}$ y cede calor a $250\ \text{K}$. Calcula ΔS_H, ΔS_C y el cambio total de entropía en un ciclo completo.

Datos del Problema:

- $\Delta S_{\text{isotérmica}} = \frac{Q}{T}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 15 Razón de volúmenes en la expansión isotérmica de Carnot

Un mol de gas ideal ($R = 8.314\ \text{J/mol}\cdot\text{K}$) en la etapa isotérmica $1 \to 2$ a $T_H = 600\ \text{K}$ duplica su volumen ($V_2 = 2V_1$). Calcula Q_H absorbido en el ciclo.

Datos del Problema:

- $n = 1\ \text{mol}, V_2/V_1 = 2, \ln 2 \approx 0.69315$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Parte 3: Nivel Examen e Ingeniería

Ejercicios de alta exigencia, situaciones combinadas y casos reales.

Ejercicio 16 Relación de temperaturas adiabáticas en ciclo de Carnot

En un ciclo de Carnot con gas monoatómico ($\gamma = 5/3$), la expansión adiabática $2 \to 3$ pasa de $V_2 = 2\ \text{L}$ a $V_3 = 16\ \text{L}$. Calcula su eficiencia η_C sin conocer T_H ni T_C.

Datos del Problema:

- Adiabática: $T_H V_2^{\gamma-1} = T_C V_3^{\gamma-1}$
- $\gamma - 1 = 2/3$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 17 Máquina de Carnot que funde hielo con su calor desechado

Una máquina de Carnot entre $400\ \text{K}$ y $273\ \text{K}$ cede su calor Q_C para derretir $0.5\ \text{kg}$ de hielo a $0°\text{C}$ ($L_f = 334\ \text{kJ/kg}$). Calcula Q_C, Q_H y el trabajo W producido.

Datos del Problema:

- $Q_C = 0.5(334) = 167\ \text{kJ}$
- $T_H = 400\ \text{K}, T_C = 273\ \text{K}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 18 Dos máquinas de Carnot acopladas en serie

Una primera máquina de Carnot opera entre $900\ \text{K}$ y T_m, y su calor desechado alimenta una segunda máquina de Carnot entre T_m y $400\ \text{K}$. Halla T_m si ambas producen igual trabajo.

Datos del Problema:

- $W_1 = W_2 \implies Q_1 - Q_m = Q_m - Q_2$
- $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_m}{T_m} = \frac{Q_2}{T_2}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 19 Dos máquinas de Carnot en serie con igual eficiencia

En el sistema en serie entre $900\ \text{K}$ y $400\ \text{K}$, ¿qué temperatura intermedia T_m hace que ambas máquinas tengan exactamente la misma eficiencia?

Datos del Problema:

- $\eta_1 = \eta_2 \implies 1 - \frac{T_m}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_m}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 20 Trabajo mínimo eléctrico para congelar agua en un refrigerador

Un congelador de Carnot entre -10°C y 25°C debe congelar $2\ \text{kg}$ de agua ya a 0°C ($L_f = 334\ \text{kJ/kg}$). ¿Cuál es el trabajo eléctrico mínimo requerido?

Datos del Problema:

- $Q_C = 2(334) = 668\ \text{kJ}$
- $T_C = 263\ \text{K}, T_H = 298\ \text{K}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 21 Motor de Carnot acoplado a un refrigerador de Carnot

Un motor de Carnot entre $600\ \text{K}$ y $300\ \text{K}$ recibe $Q_{H1} = 1000\ \text{J}$ y usa todo su trabajo para mover un refrigerador ideal entre $250\ \text{K}$ y $300\ \text{K}$. ¿Cuánto calor Q_{C2} extrae del foco de $250\ \text{K}$?

Datos del Problema:

- Motor: $\eta_1 = 1 - \frac{300}{600} = 0.50 \implies W = 500\ \text{J}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 22 Potencia de acondicionador de aire de Carnot contra ganancia térmica

Un cuarto a 22°C gana $15\ \text{kW}$ de calor desde el exterior a 37°C. Calcula la potencia eléctrica mínima que requiere un aire acondicionado ideal para mantener el cuarto fresco.

Datos del Problema:

- $T_C = 295\ \text{K}, T_H = 310\ \text{K}$
- $\dot{Q}_C = 15\ \text{kW}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 23 Relación entre razón de compresión isotérmica y eficiencia

Demuestra numéricamente la eficiencia de un ciclo de Carnot cuyas presiones en la expansión isotérmica $1 \to 2$ son $P_1 = 6\ \text{atm}, V_1 = 2\ \text{L}$ y $P_2 = 3\ \text{atm}, V_2 = 4\ \text{L}$, sabiendo $T_C = \frac{2}{3}T_H$.

Datos del Problema:

- $T_C/T_H = 2/3$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 24 Cálculo de focos cuando se dan η_C y ΔT

Una máquina de Carnot tiene una eficiencia de 40% y la diferencia entre las temperaturas de sus focos es $T_H - T_C = 200\ \text{K}$. Halla T_H y T_C.

Datos del Problema:

- $\eta_C = \frac{T_H - T_C}{T_H} = 0.40$
- $T_H - T_C = 200\ \text{K}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas

Ejercicio 25 Ahorro energético de bomba de calor vs calefactor eléctrico

Una bomba de calor de Carnot entrega $12\ \text{kW}$ a una casa a 21°C desde un exterior a 0°C. ¿Qué porcentaje de potencia eléctrica ahorra comparada con un calefactor resistivo directo de $12\ \text{kW}$?

Datos del Problema:

- $T_H = 294\ \text{K}, T_C = 273\ \text{K}$

¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **$49 MXN**.

👉 Desbloquear Guía Completa de Ciclo de Carnot y Máquinas Térmicas