Ejercicio 5.15.4 ← volver

1. $\Phi_1 = 0.1 \cdot \frac{\pi(0.05)^2}{4} = 1.9635 \times 10^{-4}$ Wb; $\Phi_2 = 0$.
2. $\Delta t = \frac{N|\Delta\Phi|}{\varepsilon} = \frac{400(1.9635\times10^{-4})}{5000} = 1.57 \times 10^{-5}$ **s** (0.0157 ms).

E.6 · Unidad 6 · Circuitos eléctricos de corriente directa y capacitores

Ejercicio 6.6.1 ← volver

1. a) Rama derecha = 12; $12 \parallel 12 = 6$, así que $R_{af} = 5 + 6 + 3 = \mathbf{14\ \Omega}$.
2. b) $i = \frac{28}{14} = \mathbf{2\ A}$.
3. c) $V_{be} = 6(2) = \mathbf{12\ V}$.
4. d) $i_1 = \frac{12}{12} = \mathbf{1\ A}$.
5. e) $E = 4(1)^2(180) = \mathbf{720\ J}$.

Ejercicio 6.6.2 ← volver

1. $R_{123} = 18$; $R_{eq} = \frac{18(15)}{33} = 8.18\ \Omega$, así que $i = 1.467$ A.
2. $i_4 = \frac{12}{15} = \mathbf{0.8\ A}$; $i_{123} = \frac{12}{18} = \mathbf{0.667\ A}$.
3. $V_1 = 6.67$ **V,** $V_2 = 3.33$ **V,** $V_3 = 2.00$ **V,** $V_4 = 12$ **V**. Comprobación: $6.67 + 3.33 + 2 = 12$.

Ejercicio 6.6.3 ← volver

1. $i_3 = \frac{V_{be}}{R_4} = \frac{16}{2} = \mathbf{8\ A}$.
2. $P_{R1} = R_1 i_1^2$, de donde $i_1 = \sqrt{20/5} = \mathbf{2\ A}$.
3. LVK en la malla de la figura: $-40 + 4i_2 + 2i_3 = 0$, de donde $i_2 = \frac{40-16}{4} = \mathbf{6\ A}$.

Ejercicio 6.6.4 ← volver

1. Malla izquierda: $-20+10\,000I_1+15\,000I_3+10\,000I_1 = 0$, es decir, $20\,000I_1+15\,000I_3 = 20$.
2. Malla derecha: $20\,000I_2 - 15 - 15\,000I_3 = 0$.
3. Nodo: $I_1 = I_2 + I_3$.
4. Con la calculadora: $I_1 = 0.925$ **mA,** $I_2 = 0.825$ **mA,** $I_3 = 0.1$ **mA**.

Ejercicio 6.6.5 ← volver

1. Plantea LCK en un nodo y LVK en las dos mallas (6.3.3) y resuelve el sistema: $i_1 = 3$ **A,** $i_2 = 1.667$ **A,** $i_3 = -1.333$ **A**. El signo menos indica que i_3 circula al revés de la flecha.
2. $P_{\varepsilon 1} = 6(3) = \mathbf{18\ W}$.

E.7 · Unidad 7 · Circuitos eléctricos de corriente alterna (lo mínimo)

Ejercicio 7.6.1 ← volver

1. Sin ξ_2, la fuente ξ_1 ve una resistencia de $R = 35\ \text{k}\Omega$.
2. $I = \frac{20 \operatorname{sen}\omega t}{35\,000} = 0.571 \operatorname{sen}\omega t$ **mA**.

$R_2 = 20\ \text{k}\Omega$. Determine I_1, I_2 e I_3 por Kirchhoff. (El inciso c), con fuente alterna, está en la Unidad 7.)

Resultado: $I_1 = 0.925$ mA, $I_2 = 0.825$ mA, $I_3 = 0.1$ mA.

→ Resolución en el Apéndice E, p. 88.

Ejercicio propuesto 6.6.5

Adaptado de: segundo examen final 2020-1, problema 3.

En un circuito de dos mallas con dos fuentes, determine i_1, i_2, i_3 y la potencia de ε_1. Los valores de la figura original no se reproducen aquí; el ejercicio se incluye por su resultado, útil para comprobar el método de 6.3.3.

Resultado: $i_1 = 3$ A, $i_2 = 1.667$ A, $i_3 = -1.333$ A; $P_{\varepsilon 1} = 18$ W.

→ Resolución en el Apéndice E, p. 88.

6.7 Errores frecuentes

1. **Serie solo si no hay nodo en medio.** Dos resistencias en la misma «línea» con un cable que sale entre ellas **no** están en serie.
2. **Paralelo:** de dos iguales, $R/2$; de dos distintas, producto entre suma (no la suma).
3. **Minutos a segundos** en la energía.
4. **Prefijos:** kΩ, mA, μF, μC se escriben con potencias de 10.
5. **Corriente negativa en Kirchhoff:** no es un error; solo indica el sentido contrario a la flecha.
6. **Corriente de la rama:** la potencia de una resistencia se calcula con la i de su rama, no con la total (también para «¿cuál disipa más?»).
7. **Capacitores al revés que resistencias:** en paralelo se suman; en serie, los inversos.
8. **Capacitores en serie** comparten **carga**, no voltaje; en paralelo comparten **voltaje**.
9. **Orden de subíndices:** $V_{cf} = V_c - V_f$; el orden da el signo (véase el Apéndice C.6).
10. **Resistencia interna:** la fem da εi; al resto del circuito llega $(\varepsilon - ri)\,i$.

6.8 Formulario de emergencia de la unidad

- $V = Ri \cdot R = \rho L/A \cdot$ serie $\sum R \cdot$ paralelo $\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$
- $P = \varepsilon i = Ri^2 = V^2/R \cdot E = P\Delta t$
- LCK: entra = sale · LVK: $-\varepsilon + \sum Ri = 0$ (signos de 6.3.3)
- $q = CV \cdot C = \varepsilon A/d \cdot$ capacitores: paralelo $\sum C_i$, serie $\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} \cdot U = \frac{1}{2}CV^2$
- Inductores: como resistencias (Unidad 5)

6.9 Procedimiento recomendado en el examen

1. Nodos con letras en el dibujo.
2. Cada reducción con nombre y número.
3. i_{total}, luego el voltaje de cada bloque y luego las corrientes de rama. En capacitores: q_{total}, luego el V de cada bloque y luego la q de cada uno.
4. Comprobación de la suma de corrientes (o de cargas).
5. Cada resultado recuadrado.

3. $T_B = \frac{101\,325(0.05)}{0.028966(287)} = 609.42$ K; isobárico: $T_C = T_B \frac{V_C}{V_B} = 121.88$ K.
4. $\Delta S_{BC} = mc_p \ln \frac{121.88}{609.42} = \mathbf{-46.85\ J/K}$.
5. Ciclo: $\Delta S_{CA} = -(13.38 - 46.85) = \mathbf{+33.47\ J/K}$.

Ejercicio 3.6.4 ← volver

1. Las temperaturas límite del ciclo del ejercicio 2.6.2 son 837.4 K y 523.37 K.
2. $\eta_C = 1 - \frac{523.37}{837.4} = \mathbf{0.375}$.

Ejercicio 3.6.5 ← volver

1. $\Delta s = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$.
2. $\Delta s = 1005 \ln \frac{300}{320} - 287 \ln \frac{1}{5} = -64.86 + 461.91 = \mathbf{397.05\ J/(kg\ K)}$.

E.4 · Unidad 4 · Ciclos termodinámicos: Otto, Diesel y Rankine

Ejercicio 4.6.1 ← volver

1. En Otto, $\eta = 1 - r^{1-k} = 1 - 12^{-0.4} = \mathbf{0.630}$.

Ejercicio 4.6.2 ← volver

1. a) $T_2 = T_1 r^{k-1} = 298.15(15)^{0.4} = \mathbf{880.8\ K}$.
2. b) $r_c = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1110}{880.8} = \mathbf{1.260}$.
3. c) $q_{23} = c_p(T_3 - T_2) = 1003.7(1110 - 880.8) = \mathbf{230.1\ kJ/kg}$.
4. d) Con $T_4 = 412.16$ K (ejercicio 4.5.2): $q_{41} = c_v(T_1 - T_4) = 717(298.15 - 412.16) = -81.7$ kJ/kg, así que $\eta = 1 - \frac{81.7}{230.1} = \mathbf{0.645}$.

Ejercicio 4.6.3 ← volver

1. Solo entra calor en 1⟶2: $q_{sum} = 999.49$ kJ/kg (ejercicio 4.5.5).
2. $\eta = \frac{|w_{neto}|}{q_{sum}} = \frac{244.66}{999.49} = \mathbf{24.5\ \%}$.

E.5A · Unidad 5A · Electromagnetismo — Parte A: electrostática y fuerza sobre cargas en movimiento

Ejercicio 5.6.1 ← volver

1. a) $\vec{F}_e = q_e \vec{E}_A = (-1.6 \times 10^{-19})(135 \times 10^6\, \hat{\jmath}) = -2.16 \times 10^{-11}\, \hat{\jmath}$ **N**.
2. $(-\hat{\imath}) \times (-\hat{\jmath}) = \hat{\imath} \times \hat{\jmath} = \hat{k}$, así que $\vec{v} \times \vec{B} = (2.9 \times 10^6)(0.625)\, \hat{k} = 1.8125 \times 10^6\, \hat{k}$.
3. b) $\vec{F}_m = (-6 \times 10^{-6})(1.8125 \times 10^6)\, \hat{k} = -10.875\, \hat{k}$ **N**.

Ejercicio 5.6.2 ← volver

1. a) $\vec{r} = (3, -4, 0)$ y $r = 5$ m, así que $\vec{E} = \frac{9\times10^9(2\times10^{-6})}{25} \cdot \frac{(3,-4)}{5} = (432\,\hat{\imath} - 576\,\hat{\jmath})$ **N/C**.
2. b) $V_{BC} = kq_1\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6}\right) + kq_2\left(\frac{1}{6} - \frac{1}{2}\right) = 6000 - 3000 = \mathbf{3000\ V}$.
3. c) $B = \frac{4\pi\times10^{-7}(10)}{2\pi(1)} = 2\times10^{-6}$ T; con el sentido de la corriente de la figura, $\vec{B} = -2\times10^{-6}\, \hat{k}$ **T**.

Unidad 7 · Circuitos eléctricos de corriente alterna (lo mínimo)

↑ Volver al índice

Objetivo (programa de la asignatura). El alumno realizará balances de energía en circuitos eléctricos sencillos, de corriente alterna.

Instrucciones de emergencia

- **Frecuencia:** aparece como inciso en 2 de los 12 finales colegiados de 2012 a 2014, siempre al final de un problema de la Unidad 6.
- **Tiempo:** de 30 a 45 minutos para esta unidad.
- **Ruta corta:**
  1. Lee la sección 7.1 (10 min).
  2. Sigue el ejemplo 7.4 tapando la resolución.
  3. Resuelve el ejercicio 7.5.1 (10 min).

7.1 Conceptos y expresiones

Fuente alterna en un circuito resistivo. La fuente de corriente directa se sustituye por un voltaje que varía con el tiempo:

$$v(t) = V_m \cos(\omega t)$$

donde V_m es el valor **pico** (máximo) y ω la frecuencia angular, en [rad/s]; $\omega = 2\pi f$.
Si el circuito solo tiene resistencias, la resistencia equivalente R_{eq} se obtiene igual que en la Unidad 6 y la corriente sigue al voltaje en cada instante:

$$i(t) = \frac{v(t)}{R_{eq}} = I_m \cos(\omega t), \qquad I_m = \frac{V_m}{R_{eq}}$$

Valores eficaces (RMS). Son los valores de corriente directa que disiparían la misma potencia media en una resistencia:

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}, \qquad I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_{ef}}{R_{eq}}$$

Potencia media en una resistencia. Con los valores eficaces, las expresiones son las de corriente directa: $P = V_{ef} I_{ef} = R I_{ef}^2$.

7.2 Cómo reconocer el problema

Si el enunciado dice…	Se trata de…	Procedimiento
«si ε se cambia por $v(t) = V_m \cos(\omega t)$»	el mismo circuito resistivo con fuente alterna	7.3
«corriente eficaz», «valor RMS»	$I_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}\, R_{eq}}$	7.3

Apéndice E · Resoluciones de los ejercicios propuestos

↑ Volver al índice

E.1 · Unidad 1 · Conceptos fundamentales: presión, fluidos y calorimetría

Ejercicio 1.6.1

← volver

1. Regresión: $m = 9847.62$ Pa/m, $b = -5.238$ Pa.
2. $\gamma = 9847.62$ N/m³, $\rho = \frac{9847.62}{9.78} = 1006.9$ kg/m³, $\delta = 1.0069$, $v = 9.931 \times 10^{-4}$ m³/kg.
3. $P_{man} = 78\,100 - 77\,100 = 1000$ Pa, de donde $z = \frac{1000+5.238}{9847.62} = \mathbf{0.102\ m}$.

Ejercicio 1.6.2

← volver

1. Regresión: $m = 9810$ Pa/m, $b \approx 0$.
2. $\rho = m/g$: con $g = 9.78$, **1003.07 kg/m³**; con $g = 9.81$, 1000 kg/m³. Indica cuál usas.

Ejercicio 1.6.3

← volver

1. $\frac{mg}{A_1} = \rho_{ac} g h$, de donde $h = \frac{\delta \cdot 1000 \cdot a^3}{A_1 \rho_{ac}} = \frac{7.85(1000)(0.05)^3}{(0.01)(920)} = \mathbf{0.1067\ m}$.
2. $g = \frac{\gamma}{\rho} = \frac{76\,773}{7850} = \mathbf{9.78\ m/s^2}$.

Ejercicio 1.6.4

← volver

1. $P_{atm} = 13\,600(9.78)(0.56) = 74\,484.48$ Pa.
2. $P_A = 95\,000 + 74\,484.48 = \mathbf{169.48\ kPa}$.
3. $\rho_{gli} = \frac{0.3783}{3\times10^{-4}} = 1261$ kg/m³; con la columna vacuométrica, $P_B = 169\,484.48 - 1261(9.78)(0.4) = \mathbf{164.55\ kPa}$.

Ejercicio 1.6.5

← volver

1. Regresión $Q = f(T)$: $m = 422.034$ J/°C, $b = 2874.58$ J.
2. $m_{hielo} = \frac{422.034}{2220} = \mathbf{0.190\ kg}$.
3. $Q = 0.190(333\,000) = \mathbf{63.3\ kJ}$.

Ejercicio 1.6.6

← volver

1. $Q = 1938.56\,T - 55\,703.72$.
2. $c = \frac{1938.56}{0.463} = 4186.96$ J/(kg °C), así que es **agua**.
3. $Q(35) = 1938.56(35) - 55\,703.72 = \mathbf{12\ 146\ J}$.

E.2 · Unidad 2 · Primera ley de la termodinámica: sistemas cerrados y abiertos

Ejercicio 2.6.1

← volver

1. Volumen constante: $\frac{P}{mT}$ es constante.
2. a) $P_2 = P_1 \frac{m_2}{m_1}\frac{T_2}{T_1} = 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{358.15}{298.15} = \mathbf{3.0031\ atm} = 304\,289$ Pa.
3. b) Sin sacar gas: $P_3 = 5 \cdot \frac{358.15}{298.15} = \mathbf{6.0062\ atm} = 608\,578$ Pa.

7.6 Ejercicios propuestos

Resuélvelo sin ver la solución. La resolución completa está en el **Apéndice E, sección E.7**.

Ejercicio propuesto 7.6.1

Adaptado de: segundo examen final 2019-2, problema 4 c).

En el circuito del ejercicio propuesto 6.6.4 se elimina ξ_2 y ξ_1 se sustituye por $\xi_1 = 20 \operatorname{sen} \omega t$ V. Determine la corriente.

Resultado: $I = 0.571 \operatorname{sen} \omega t$ mA.

→ Resolución en el Apéndice E, p. 88.

7.7 Errores frecuentes

1. **Pico contra eficaz:** en $v(t) = 12\cos(200\pi t)$, el pico es 12; el eficaz es $12/\sqrt{2}$, no 12.
2. **No recalcular el circuito:** la resistencia equivalente es la misma que con corriente directa; solo cambia la fuente.
3. **Dividir entre $\sqrt{2}$ dos veces:** si se pasa V_m a V_{ef}, la corriente que resulta ya es eficaz.
4. **La frecuencia no interviene** en un circuito solo con resistencias: ω se conserva en $i(t)$, pero no cambia los valores eficaces.

7.8 Formulario de emergencia de la unidad

- $v(t) = V_m \cos(\omega t) \cdot \omega = 2\pi f \cdot i(t) = v(t)/R_{eq}$
- $V_{ef} = V_m/\sqrt{2} \cdot I_{ef} = I_m/\sqrt{2} = V_{ef}/R_{eq}$
- $P = V_{ef} I_{ef} = R I_{ef}^2$

7.9 Procedimiento recomendado en el examen

1. Copia la R_{eq} del inciso anterior.
2. Escribe $i(t)$ completa, con su función del tiempo.
3. Indica explícitamente cuál valor es pico y cuál es eficaz.
4. Recuadra el resultado.

Apéndice B · Qué vino en cada final colegiado (2012–2014)

↑ Volver al índice

Examen	Termodinámica	Electromagnetismo
2012-1, tipo A	manómetro y vacuómetro · cascada (sistema abierto) · ciclo Diesel	alambre y campo uniforme · circuito · carga a partir de $\vec{E}$
2012-2, tipo A	tapa con vacío · primera ley por trayectorias · ciclo Otto	campo y trabajo para mover una carga · alambre y solenoide, $q\vec{v}\times\vec{B}$
2013-1, tipo A	tanque esférico (volumen específico) · politrópico · ciclo Diesel	placas paralelas y $q\vec{v}\times\vec{B}$ · circuito
2013-2, tipo A	pistón con resistor · ciclo isotérmico-isométrico	circuito con dos baterías · solenoide y alambre, flujo
2014-1, tipo A	mercurio y agua · rueda de paletas y entropía · ciclo con tabla	circuito · solenoide y alambre
2014-2, tipo A	tanque con manómetro y barómetro · hielo y agua con entropía	circuito · solenoide y alambre que anula B
2012-1, tipo B	hidrógeno con rueda de paletas · níquel y agua con entropía · refrigerador de Carnot	Coulomb, potencial y campo · solenoide, inductancia en serie
2012-2, tipo B	prensa hidráulica · continuidad en tubería · isotérmico y entropía	energía potencial de un protón · capacitores · alambre y solenoide
2013-1, tipo B	tubo en U · helio · fusión de plata (entropía) · ciclo Rankine	capacitores · dos conductores: campo y fuerza
2013-2, tipo B	depósito con tres líquidos · máquina térmica y Clausius	circuito con corriente eficaz · alambre y partícula alfa
2014-1, tipo B	esfera hueca (¿flota?) · isobárico con moles · aire acondicionado de Carnot	cargas a partir de $\vec{E}$ · conductor en un imán
2014-2, tipo B	tobera adiabática · ciclo Otto	cargas: campo, fuerza, potencial, energía, $q\vec{v}\times\vec{B}$ · capacitores, inductores y circuito

C.5B · Unidad 5B · Electromagnetismo — Parte B: campo magnético e inductancia

Final colegiado 2014-2, tipo B, problema 4 b): en la resolución publicada aparece $L_{ab} = 0.5$ H (la figura indica 0.05 H) y, con ese dato, $L_2 = 0.3$ H y $L_1 = 0.6$ H. El método es el mismo; con el valor de la figura, los valores correctos son $L_2 = 0.975$ **H** y $L_1 = 1.95$ **H**.

C.6 · Unidad 6 · Circuitos eléctricos de corriente directa y capacitores

Final colegiado 2013-1, tipo A, problema 5 b): en la resolución publicada aparece $\varepsilon = R_{bc}I$; la expresión correcta es $\varepsilon = R_{ac}I$. El valor numérico, $I = 10$ A, es correcto.

Final colegiado 2014-2, tipo A, problema 3 e): en la resolución publicada aparece +10 V, que corresponde a V_{fc}; el valor correcto es $V_{cf} = -10$ **V**.

Final colegiado 2014-2, tipo B, problema 4 b): véase el Apéndice C.5B (valor de la inductancia entre a y b).

Si no se encuentra el camino, escribe las ecuaciones LCK y LVK aunque no se resuelvan, y dibuja el circuito reducido. El planteamiento correcto también cuenta.

Ejercicio 5.6.3 ← volver

1. $E_1 = \frac{9\times10^9(1.6\times10^{-6})}{0.4^2} = 90\,000$ N/C en $+\hat{\imath}$ (positiva, se aleja).
2. $E_2 = \frac{9\times10^9(1.6\times10^{-6})}{0.3^2} = 160\,000$ N/C en $-\hat{\jmath}$ (negativa, hacia ella).
3. a) $\vec{F} = q_p\vec{E} = (0.09\,\hat{\imath} - 0.16\,\hat{\jmath})$ **N**.
4. b) $\vec{F}_m = 1.6\times10^{-6}(25)(0.6)\,\hat{\imath}\times\hat{\jmath} = 24\times10^{-6}\,\hat{k}$ **N**.

Ejercicio 5.6.4 ← volver

1. b) $C = \frac{8.85\times10^{-12}(11.3)}{10^{-4}} = 1\ \mu$F, así que $V_{BC} = \frac{20\times10^{-6}}{10^{-6}} =$ **20 V**.
2. c) $B = \frac{4\pi\times10^{-7}(2)}{2\pi(1.25)} = 3.2\times10^{-7}$ **T**, en $+\hat{\imath}$.
3. Con $\vec{B} = (3.2\times10^{-7}, 0, 0)$ T y $\vec{v}$ en m/s: $\vec{v}\times\vec{B} = (0,\ 0.0192,\ -0.0128)$.
4. d) $\vec{F} = -1.6\times10^{-19}(0,\ 0.0192,\ -0.0128) = (-3.072\times10^{-21}\,\hat{\jmath} + 2.048\times10^{-21}\,\hat{k})$ **N**.

Ejercicio 5.6.5 ← volver

1. En el punto medio, los campos de las dos cargas se suman en la misma dirección solo si tienen **signos contrarios**.
2. $E_A = 2k\frac{q}{r^2}$ con $r = 0.1$ m, así que $q = \frac{3.6\times10^6(0.01)}{2(9\times10^9)} = 2\ \mu$**C**: $q_1 = 2\ \mu$C y $q_2 = -2\ \mu$C.

E.5B · Unidad 5B · Electromagnetismo — Parte B: campo magnético e inductancia

Ejercicio 5.15.1 ← volver

1. a) $B = \frac{4\pi\times10^{-7}(2000)(3)}{0.16} = 0.04712\,\hat{\imath}$ **T**.
2. b) $\Phi = 0.04712(3.1416\times10^{-4}) =$ **14.80 µWb**.
3. c) $L = \frac{4\pi\times10^{-7}(2000)^2(3.1416\times10^{-4})}{0.16} =$ **9.8696 mH**. Comprobación: $\frac{2000(14.80\times10^{-6})}{3} = 9.87$ mH.
4. d) $L_{eq} = 9.87 + 5 =$ **14.87 mH**.
5. e) $|\varepsilon| = 9.8696\times10^{-3}(100) = 0.987$ V; por Lenz, $V_A < V_B$, así que $V_{AB} = -0.987$ **V**.

Ejercicio 5.15.2 ← volver

1. $B = \frac{4\pi\times10^{-7}(300)(12)}{0.3} =$ **0.01508 T**. Por el sentido de la figura, la resolución publicada lo escribe como $-0.015\,\hat{\imath}$ T.
2. $A = \pi(0.0125)^2 = 4.909\times10^{-4}$ m², así que $L = \frac{4\pi\times10^{-7}(300)^2(4.909\times10^{-4})}{0.3} =$ **0.185 mH**.
3. $U = \frac{1}{2}(1.8506\times10^{-4})(12)^2 =$ **13.32 mJ**.

Ejercicio 5.15.3 ← volver

1. a) $\ell = \frac{\mu_0 N^2\pi d^2}{4L} = \frac{4\pi\times10^{-7}(760)^2\pi(0.025)^2}{4(1.5491\times10^{-3})} =$ **0.23 m**.
2. b) $i = \sqrt{\frac{2(4\times10^{-3})}{1.5491\times10^{-3}}} = 2.2725$ A, así que $P = 40(2.2725) =$ **90.9 W**.

Si el enunciado dice…	Se trata de…	Procedimiento
«sin la segunda fuente y con $\xi_1 = V_m \operatorname{sen} \omega t$»	una sola fuente alterna: $i(t) = v(t)/R$	7.3

7.3 Procedimiento

1. Reduce el circuito como en la Unidad 6 hasta la resistencia que ve la fuente. Casi siempre ya se calculó en un inciso anterior.
2. Identifica el valor pico V_m: es el número que multiplica al coseno (o al seno).
3. Escribe $i(t) = \frac{v(t)}{R_{eq}}$, con la misma función del tiempo.
4. Calcula el eficaz: $I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$, o bien $V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ y después $I_{ef} = \frac{V_{ef}}{R_{eq}}$.
5. Si se pide la corriente en una rama que no es la de la fuente, reparte como en la Unidad 6 usando valores eficaces.

7.4 Ejemplo resuelto

Adaptado de: primer examen final colegiado 2013-2, tipo B, problema 3 e).
En el circuito del ejercicio 6.5.6 ($R_{ed} = 10\ \Omega$; $R_1 = 6\ \Omega$ está en la rama de la fuente), la fuente $\varepsilon = 30$ V se cambia por $v(t) = 12\cos(200\pi t)$ V. Determine la corriente eficaz en R_1.

Resolución.

1. La resistencia que ve la fuente ya se conoce: $R_{ed} = 10\ \Omega$, y R_1 lleva la corriente total.
2. $i(t) = \frac{12\cos(200\pi t)}{10} = 1.2\cos(200\pi t)$ A.
3. $I_{ef} = \frac{1.2}{\sqrt{2}} = \mathbf{0.8485\ A}$.
4. Por el otro camino: $V_{ef} = \frac{12}{\sqrt{2}} = 8.485$ V, dividido entre 10 Ω, da el mismo resultado.

7.5 Ejercicios de examen (resueltos)

Ejercicio 7.5.1 · Corriente eficaz con tres resistores en paralelo

Adaptado de: primer examen final colegiado 2014-1, tipo A, problema 4 d).

- El circuito del ejercicio 6.5.4: tres resistores de 150 Ω en paralelo, $R_{eq} = 50\ \Omega$.
- La fuente $\varepsilon = 1.5$ V se cambia por $v(t) = 2.5\cos(120\pi t)$ V.

Determine la corriente eficaz.

Resolución.

1. $V_{ef} = \frac{2.5}{\sqrt{2}} = 1.768$ V.
2. $I_{ef} = \frac{1.768}{50} = \mathbf{0.0354\ A}$.

Ejercicio 2.6.2 ← volver

1. $mR = \frac{15\,000(0.05)}{523.37} = 1.433$ J/K.
2. Estado 2: $P_2 = 15\,000$ Pa; $T_2 = \frac{15\,000(0.08)}{1.433} = 837.4$ K.
3. Estado 3: $T_3 = 837.4$ K; $V_3 = \frac{1.433(837.4)}{8000} = 0.15$ m³.
4. Estado 4: $V_4 = 0.15$ m³; $T_4 = 523.37$ K; $P_4 = \frac{1.433(523.37)}{0.15} = 5000$ Pa.
5. b) $W_{23} = -mRT_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = -1.433(837.4)\ln\frac{0.15}{0.08} = \mathbf{-754.33\ J}$.
6. c) $W_{41} = -mRT_1 \ln \frac{0.05}{0.15} = +823.95$ J, así que $Q_{41} = -W_{41} = \mathbf{-823.95\ J}$ (rechaza calor).

Ejercicio 2.6.3 ← volver

1. a) $m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{10^{-3}}{1.2} = \mathbf{8.333 \times 10^{-4}\ kg}$.
2. b) $T = \frac{PV}{mR}$: $T_1 = 321.95$, $T_2 = 1254.36$, $T_3 = 10\,034.8$, $T_4 = 2575.6$ K.
3. c) $W_{neto} = -(300\,000 - 77\,000)(8-1) \times 10^{-3} = \mathbf{-1561\ J}$.
4. d) Entra calor en 1⟶2 (isométrico) y en 2⟶3 (isobárico): $Q_{12} = mc_v(T_2 - T_1) = 557.1$ J; $Q_{23} = mc_p(T_3 - T_2) = 7346.3$ J; $Q_{sum} = \mathbf{7903.5\ J}$.
5. e) $\eta = \frac{1561}{7903.5} = \mathbf{0.1975}$ (19.75 %).

Ejercicio 2.6.4 ← volver

1. $\rho_1 = \frac{P_1}{RT_1} = \frac{5\times10^5}{287(320)} = 5.444$ kg/m³.
2. $A_1 = \frac{\pi(0.025)^2}{4} = 4.909 \times 10^{-4}$ m².
3. $\dot{m} = 5.444(30)(4.909 \times 10^{-4}) = \mathbf{0.0802\ kg/s}$.

E.3 · Unidad 3 · Segunda ley de la termodinámica: máquinas, refrigeradores y entropía

Ejercicio 3.6.1 ← volver

1. $T_A = 573.15$ K y $T_B = 348.15$ K.
2. 1⟶2: $\Delta U = 0$; $\Delta S = \frac{20\,000}{573.15} = 34.89$ J/K.
3. 2⟶3: $Q = 0$; $\Delta U = -7$ kJ; $\Delta S = 0$.
4. 3⟶4: $Q_B = (-34.89)(348.15) = \mathbf{-12.147\ kJ}$; $\Delta U = 0$; $W = +12.147$ kJ.
5. 4⟶1: $Q = 0$; $\Delta S = 0$.
6. b) $\eta_C = 1 - \frac{348.15}{573.15} = \mathbf{0.3926}$ (cerca de 39 %). Comprobación: $1 - \frac{12.147}{20} = 0.3927$.

Ejercicio 3.6.2 ← volver

1. $T_A = 333$ K y $T_B = 293.15$ K, así que $\eta = 1 - \frac{293.15}{333} = \mathbf{0.1197}$.
2. $\Delta S_{12} = \frac{153\,795}{333} = 461.85$ J/K; los adiabáticos dan 0, así que $\Delta S_{34} = \mathbf{-461.85\ J/K}$.

Ejercicio 3.6.3 ← volver

1. $m = 0.028966$ kg.
2. $\Delta S_{AB} = mR\ln 5 = 0.028966(287)\ln 5 = \mathbf{13.38\ J/K}$.

Apéndice A · Formulario y constantes

↑ Volver al índice

Constantes:

- g: la que dé el enunciado (en Ciudad Universitaria, 9.78 m/s²).
- $\rho_{agua} = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot \rho_{Hg} = 13\,600\ \text{kg/m}^3$.
- $1\ \text{atm} = 101\,325\ \text{Pa} \cdot 1\ \text{bar} = 10^5\ \text{Pa} \cdot T[\text{K}] = T[^\circ\text{C}] + 273.15$.
- Aire como gas ideal: $R = 286.7$, $c_p = 1003.7$, $c_v = 717\ \text{J/(kg K)}$, $k = 1.4$.
- $\bar{R} = 8.314\ \text{J/(mol K)}$.
- $k_e = 9 \times 10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2 \cdot \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \text{C}^2/(\text{N m}^2) \cdot \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{T m/A}$.
- $q_e = -1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$.

Tema	Expresiones
Presión (U1)	$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \cdot P_{abs} = P_{atm} - P_{vac} \cdot P_2 - P_1 = -\rho g(z_2 - z_1)$ $\cdot \gamma = \rho g \cdot \delta = \rho/1000 \cdot \nu = V/m = 1/\rho \cdot P_{atm} = \rho_{Hg} g h \cdot \frac{F}{A} = \frac{f}{a}$
Calor (U1)	$Q = mc\Delta T \cdot Q = mh_{fus} \cdot$ sistema aislado: $\sum Q = 0$
Primera ley (U2)	$Q + W = \Delta U$ (lo que entra al sistema es positivo) · $W = -\int P\,dV \cdot \Delta U = mc_v\Delta T \cdot W_{eje} = \dot{W}\,t \cdot W_{\text{eléc}} = V\,i\,t \cdot$ politrópico $W = \frac{mR(T_2 - T_1)}{n-1} \cdot$ abierto: $\dot{m} = \rho v A$, $0 = \Delta e_c + \Delta e_p + \Delta h$
Segunda ley (U3)	$\eta = \frac{\lvert W\rvert}{\lvert Q_A\rvert} \cdot \eta_C = 1 - \frac{T_B}{T_A} \cdot \beta_{R,C} = \frac{T_B}{T_A - T_B} \cdot \lvert Q_A\rvert = \lvert W\rvert + \lvert Q_B\rvert \cdot$ $\Delta S = \frac{Q}{T} \cdot \Delta S = mc \ln \frac{T_2}{T_1} \cdot \Delta S = mc_p \ln \frac{T_2}{T_1} - mR \ln \frac{P_2}{P_1} \cdot \Delta S_{univ} \geq 0$
Ciclos (U4)	adiabático $T_2 = T_1 r^{k-1}$, $P_2 = P_1 r^k \cdot$ Otto $q_{sum} = c_v(T_3 - T_2)$, $\eta = 1 - r^{1-k} \cdot$ Diesel $q_{sum} = c_p(T_3 - T_2)$
Electrostática (U5A)	$F = k\frac{\lvert q_1 q_2\rvert}{r^2} \cdot \vec{E} = k\frac{q}{r^2}\hat{r} \cdot V = k\frac{q}{r} \cdot U = qV \cdot W = q(V_B - V_A) \cdot$ placas $E = \frac{q}{\varepsilon_0 A} \cdot \vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$
Campo magnético (U5B)	alambre $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} \cdot$ solenoide $B = \frac{\mu_0 N i}{\ell} \cdot \vec{B}_{tot} = \sum \vec{B} \cdot \Phi = BA \cdot$ $L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \cdot \vec{F} = i\vec{\ell} \times \vec{B} \cdot \varepsilon = -L\frac{di}{dt}$
Circuitos y capacitores (U6)	$V = Ri \cdot$ serie $\sum R \cdot$ paralelo $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot P = Vi = Ri^2 \cdot E = Pt \cdot$ Kirchhoff $\cdot C = \frac{\varepsilon A}{d} \cdot q = CV \cdot$ serie $\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} \cdot$ paralelo $C = \sum C_i \cdot U = \frac{1}{2}CV^2$
Corriente alterna (U7)	$V_{ef} = V_p/\sqrt{2} \cdot I_{ef} = I_p/\sqrt{2}$

Apéndice D · Fuentes y bibliografía

↑ Volver al índice

Exámenes de los que se adaptaron los ejercicios:

- Primeros exámenes finales colegiados de *Principios de Termodinámica y Electromagnetismo*, semestres 2012-1, 2012-2, 2013-1, 2013-2, 2014-1 y 2014-2, tipos A y B, con sus resoluciones publicadas. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Primeros y segundos exámenes finales comunes de *Principios de Termodinámica y Electromagnetismo*, *Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo* y *Sistemas Termodinámicos y Electromagnetismo*, semestres 2019-1, 2019-2 y 2020-1, con sus resoluciones publicadas. Facultad de Ingeniería, UNAM.

Material de consulta:

- Bárcenas Escobar, M.; Gámez Leal, R.; Hernández Quintero, A. *Cuaderno de ejercicios de Principios de Termodinámica y Electromagnetismo*. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2012.
- Maldonado Susano, M. C. *Principios de Termodinámica y Electromagnetismo* (apuntes de los temas 1 a 5).
- Aguirre Maldonado, E.; Jaramillo Morales, G. A. *Cuaderno de ejercicios de Electricidad y Magnetismo*. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Programa de la asignatura *Principios de Termodinámica y Electromagnetismo* (clave 1314), plan de estudios 2010. Facultad de Ingeniería, UNAM.

Apéndice C · Fe de erratas

↑ Volver al índice

Diferencias entre las resoluciones publicadas de los exámenes y los valores verificados en este cuaderno.

C.1 · Unidad 1 · Conceptos fundamentales: presión, fluidos y calorimetría

Final colegiado 2013-2, tipo B, problema 1:

- la presión del gas aparece como «10 640.64 kPa»; son **Pa**;
- P_A aparece como 12 987.64 Pa; el valor correcto es **12 987.84 Pa**.

Segundo examen final 2019-2, problema 1 b): el volumen específico aparece como 0.9931; el valor correcto es 9.931×10^{-4} m³/kg.

Primer examen final 2020-1, turno vespertino, problema 1: la resolución usa $g = 9.81$, aunque el enunciado no lo indica.

C.2 · Unidad 2 · Primera ley de la termodinámica: sistemas cerrados y abiertos

Final colegiado 2013-1, tipo B, problema 2: en la resolución publicada aparecen en la sustitución $\rho_1 = 0.1315$ kg/m³ y $R = 2007$ J/(kg K); los valores correctos son $\rho_1 =$ **0.1271 kg/m³** y $R =$ **2077 J/(kg K)**. La temperatura final, 1073.66 K, no depende de esos valores y coincide.

Final colegiado 2014-2, tipo B, problema 1:

- el gasto másico aparece como 0.6577 kg/s; el valor correcto es **6.577×10^{-4} kg/s** (error de un factor 10^3);
- en la sustitución de T_2 aparece 433.15 K como temperatura de entrada; el valor correcto es **453.15 K**. El resultado publicado, 299.72 K, sí es correcto;
- el área de salida aparece como 0.00127 m², porque arrastra el error del gasto másico; el valor correcto es **1.272×10^{-6} m²**.

C.3 · Unidad 3 · Segunda ley de la termodinámica: máquinas, refrigeradores y entropía

Final colegiado 2014-2, tipo A, problema 2 d): en la suma de entropías aparece «+(−85.4593)»; el término correcto es +85.4593 J/K. El resultado publicado, 6.8284 J/K, sí es correcto.

Final colegiado 2012-1, tipo B, problema 2 b): en la resolución publicada aparece 0.2461 J/K; con T_{eq} sin redondear, el valor es **0.2455 J/K** (la diferencia viene del redondeo en una resta de números parecidos).

Segundo examen final 2019-2, problema 2: Q_{34} aparece como −12.129 kJ; el valor correcto es **−12.147 kJ**.

C.4 · Unidad 4 · Ciclos termodinámicos: Otto, Diesel y Rankine

Final colegiado 2014-2, tipo B, problema 3:

- en la resolución publicada aparece $\eta = 0.6597$ (65.97 %); el valor correcto es **0.6297**, que es lo que da su propio cociente $\frac{1120.94}{1780}$;
- el trabajo de expansión aparece como −1487.244 kJ/kg, calculado con $\frac{P_4 v_4 - P_3 v_3}{k-1}$ y $P_4 =$ 365.7 kPa; la diferencia con −1487.5 kJ/kg es solo de redondeo.

Final colegiado 2012-2, tipo A, problema 3:

- en la resolución publicada aparece «20 °C = 273.15 K», aunque los cálculos usan 293.15 K; el valor correcto es **293.15 K**;
- P_3 aparece como 4383.36 kPa porque se redondea $v_2 = 0.0737$; con $v_2 = 0.07372$ el valor es **4381.9 kPa**;
- Δs_{23} aparece como 252.64 J/(kg K); el valor correcto es **252.73 J/(kg K)**.

Final colegiado 2013-1, tipo A, problema 3: los datos de 3.8 L y 27 °C no son exactamente consistentes con 4.2 g de aire; la resolución publicada calcula T_2 con $PV = mRT$ (885.66 K) en lugar de $T_1 r^{0.4}$ (886.7 K).

Final colegiado 2014-1, tipo A, problema 3: con $Pv = RT$, el estado 1 da 348.8 K; el enunciado y la resolución publicada usan 350 K.

Final colegiado 2013-1, tipo B, problema 4: en la resolución publicada aparece $q_{23} = -1793.03$ kJ/kg; el valor correcto es **−1793.01 kJ/kg**.

C.5A · Unidad 5A · Electromagnetismo — Parte A: electrostática y fuerza sobre cargas en movimiento

Final colegiado 2012-1, tipo A, problema 6: en la resolución publicada aparece el campo sustituido como 120×10^{-3} N/C; el valor correcto es 120×10^3 N/C. El resultado final, $Q = -12$ nC, sí es correcto.

Final colegiado 2014-1, tipo B, problema 4: en la resolución publicada aparece $\vec{E}_C = -80\,\hat{\imath} - 45\,\hat{\jmath}$ al inicio; el valor correcto es $(-120\,\hat{\imath} - 45\,\hat{\jmath}) \times 10^3$ N/C, que es el que se usa en los cálculos.

Final colegiado 2014-2, tipo B, problema 2 b): en la resolución publicada la fuerza aparece en N/C; la unidad correcta es **N**.

Primer examen final 2019-2, turno matutino, problema 3 a): en la resolución publicada aparece −21.6; el valor correcto es $-2.16 \times 10^{-11}\,\hat{\jmath}$ **N**.

Primer examen final 2020-1, turno vespertino, problema 3 a): en la resolución publicada se usan 0.04 m y 0.03 m (conversión incorrecta de centímetros) y aparece $(9\,\hat{\imath} - 16\,\hat{\jmath})$ N; el valor correcto es $(0.09\,\hat{\imath} - 0.16\,\hat{\jmath})$ **N**.