VERIFICA

Verifica di fine parte · La corrente elettrica

Tempo indicativo: 100 minuti · Punteggio totale: 100 punti

Fisica 4 · Parte IV · La corrente elettrica · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte · La corrente elettrica · pagine 441–448 del volume completo · estratto per lo studio

La verifica riguarda i capitoli 13 e 14. È ammessa la calcolatrice scientifica. Scrivi sempre le formule che usi, i passaggi e le unità di misura: un risultato senza unità è considerato incompleto. Esprimi i risultati con un numero di cifre significative coerente con i dati. Puoi consultare le tabelle dell'appendice. Dove non è indicato diversamente, i generatori sono ideali, i fili di collegamento hanno resistenza trascurabile, gli strumenti di misura sono ideali e la carica elementare è $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C. Per il rame usa la resistività $\rho = 1{,}68 \times 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$ e il coefficiente di temperatura $\alpha = 3{,}9 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$ (a 20 °C), e la densità degli elettroni di conduzione $n = 8{,}5 \times 10^{28}\ \text{m}^{-3}$.

Parte A · Domande a scelta multipla (10 domande, 2 punti ciascuna)

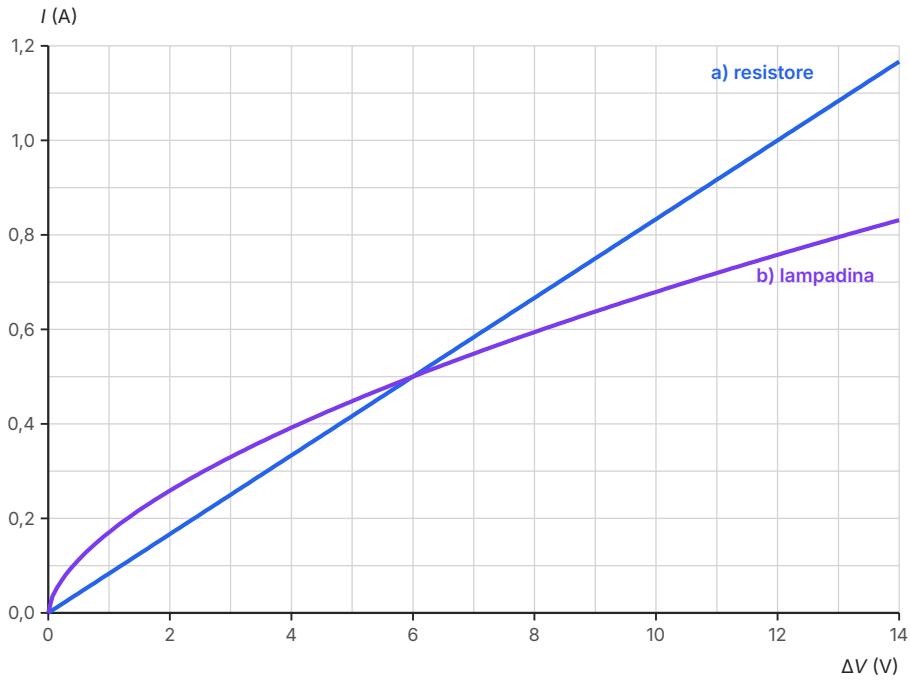


Figura V4.1 Curve caratteristiche, calcolate, di due componenti (domanda 3): a) un resistore, una retta passante per l'origine; b) una lampadina a incandescenza, una curva che si piega verso l'asse delle tensioni.

1. ● Un filo è percorso da una corrente costante di 0,80 A per 5,0 minuti. Il numero di elettroni che attraversano una sua sezione in questo tempo è circa:
   A. $2{,}5 \times 10^{19}$
   B. $1{,}5 \times 10^{21}$
   C. 240
   D. $3{,}8 \times 10^{-17}$

2. ●● Il filo B è dello stesso metallo del filo A, alla stessa temperatura, ma ha lunghezza doppia e diametro doppio. Se il filo A ha resistenza R, il filo B ha resistenza:
   A. $R/2$
   B. $2R$
   C. R, perché i due effetti si compensano
   D. $R/4$

3. ●● La Figura V4.1 mostra le curve caratteristiche di un resistore e di una lampadina a incandescenza. Alla tensione di 12 V la resistenza della lampadina è circa:
   A. 12 Ω, come quella del resistore
   B. 26 Ω
   C. 16 Ω
   D. 9,1 Ω

4. ●● Due fili di rame, uno di sezione doppia dell'altro, sono collegati in serie e quindi percorsi dalla stessa corrente. Nel filo di sezione doppia la velocità di deriva degli elettroni è:
   A. doppia
   B. la stessa, perché la corrente è la stessa
   C. un quarto
   D. la metà

5. ● Un forno elettrico da 2,4 kW resta acceso 45 minuti. Se l'energia elettrica costa 0,25 € al kilowattora, la spesa è:
   A. 0,60 €
   B. 0,45 €
   C. 27 €
   D. 1,8 €

6. ● Due resistori da 12 Ω collegati in parallelo sono in serie con un terzo resistore da 12 Ω. La resistenza equivalente del gruppo è:
   A. 36 Ω
   B. 4,0 Ω
   C. 18 Ω
   D. 8,0 Ω

7. ●● Una corrente di 3,0 A arriva a un nodo e si divide fra due resistori in parallelo, da 4,0 Ω e da 8,0 Ω. La corrente nel resistore da 8,0 Ω è:

   A. 1,0 A
   B. 2,0 A
   C. 1,5 A
   D. 0,75 A

8. ●● Un generatore reale ha tensione a circuito aperto 6,0 V e corrente di cortocircuito 3,0 A. Collegato a un resistore da 4,0 Ω, la tensione ai suoi morsetti è:

   A. 6,0 V
   B. 2,0 V
   C. 3,0 V
   D. 4,0 V

9. ●● Un condensatore da 470 µF, carico a 12 V, si scarica attraverso un resistore da 10 kΩ. Dopo 9,4 s la tensione ai capi del condensatore è circa:

   A. 1,6 V
   B. 4,4 V
   C. 3,0 V
   D. 0 V, perché dopo due costanti di tempo il condensatore è scarico

10. ●● Un galvanometro ha resistenza 50 Ω e corrente di fondo scala 1,0 mA. Per farne un voltmetro con fondo scala 10 V gli si collega un resistore di:

    A. 10,05 kΩ in serie
    B. 50 mΩ in parallelo
    C. 9,95 kΩ in serie
    D. 9,95 kΩ in parallelo

Parte B · Esercizi (5 esercizi, 6 punti ciascuno)

11. ●● La bobina di un elettromagnete è avvolta con un filo di rame di diametro 0,50 mm; a 20 °C la sua resistenza è 2,40 Ω. a) Calcola la lunghezza del filo (2 punti). b) Dopo un'ora di funzionamento la resistenza della bobina è salita a 2,85 Ω. Qual è la temperatura media del filo? (2 punti) c) La bobina è alimentata a 6,0 V. Calcola la corrente e la potenza dissipata appena accesa, a 20 °C, e dopo un'ora (2 punti).

12. ● A una presa multipla, alimentata a 230 V e protetta da un fusibile da 10 A, sono collegati un forno a microonde da 1200 W, un bollitore da 2000 W e una lampada da 60 W. a) Calcola la corrente assorbita da ciascun apparecchio (2 punti). b) Il fusibile interviene se si accendono tutti e tre insieme? Motiva la risposta (2 punti). c) Il bollitore resta acceso in media 6 minuti al giorno. Calcola l'energia che assorbe in un anno, in kilowattora, e la spesa a 0,30 €/kWh (2 punti).

13. ●● Un generatore da 18 V alimenta un resistore $R_1 = 6{,}0\ \Omega$ in serie con un gruppo di due resistori in parallelo, $R_2 = 12\ \Omega$ e $R_3 = 4{,}0\ \Omega$. a) Calcola la resistenza equivalente, la corrente erogata dal generatore e la corrente in R_2 e in R_3 (2 punti). b) Per misurare la corrente in R_2 si inserisce in serie a esso un amperometro reale di resistenza $R_A = 1{,}0\ \Omega$. Quale corrente legge? Di quanto per cento sbaglia rispetto al valore che c'era senza lo strumento? (2 punti) c) Quanto deve valere al massimo R_A perché l'errore sia inferiore all'1%? (2 punti)

14. ●● Una pila di cui non si conoscono le caratteristiche viene collegata a un resistore da 10 Ω: la tensione ai suoi morsetti è 5,0 V. Collegata a un resistore da 4,0 Ω, la tensione ai morsetti scende a 4,0 V. a) Calcola la forza elettromotrice e la resistenza interna della pila (3 punti). b) Calcola la corrente di cortocircuito (1 punto). c) Quale resistore esterno riceve dalla pila la massima potenza, e quanto vale questa potenza? (2 punti)

15. ●● Un condensatore da 220 µF, inizialmente scarico, viene collegato a una batteria da 9,0 V attraverso un resistore da 47 kΩ. a) Calcola la costante di tempo e la carica finale del condensatore (2 punti). b) Calcola la carica del condensatore e la corrente nel circuito 20 s dopo la chiusura del circuito (2 punti). c) Calcola l'energia immagazzinata nel condensatore a carica completa e l'energia dissipata nel resistore durante tutta la carica (2 punti).

Parte C · Problemi (3 problemi, 50 punti in totale)

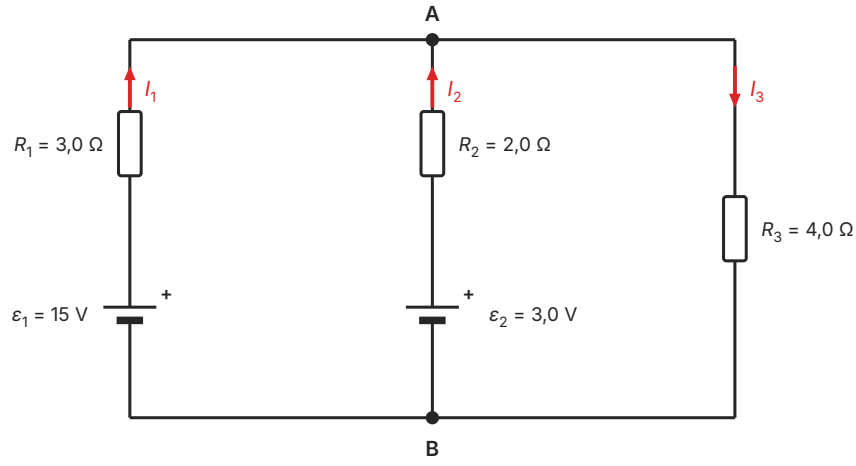


Figura V4.2 Un circuito a due maglie (problema 17): un alimentatore (ε_1, R_1) e una batteria ricaricabile (ε_2, R_2) in parallelo su un carico R_3. Le frecce rosse indicano i versi ipotizzati delle correnti.

16. ●●● **(18 punti)** (Capitoli 13 e 14.) Un taglierino a filo caldo per il polistirolo è un filo di nicromo lungo 0,50 m, di diametro 0,40 mm, teso fra due morsetti e alimentato da un generatore con forza elettromotrice 24 V e resistenza interna 1,5 Ω. Per il nicromo $\rho = 1{,}1 \times 10^{-6}$ Ω·m a 20 °C e $\alpha = 4{,}0 \times 10^{-4}\ \text{K}^{-1}$. a) Calcola la resistenza del filo a 20 °C (3 punti). b) Calcola la corrente, la tensione ai morsetti del generatore e la potenza dissipata nel filo nell'istante in cui si chiude il circuito, con il filo ancora a 20 °C (4 punti). c) In funzionamento il filo raggiunge 220 °C. Calcola la sua resistenza, la corrente e la potenza dissipata nel filo, e spiega perché la potenza è diminuita rispetto al punto b) (4 punti). d) Quale resistenza dovrebbe avere il filo caldo per ricevere dal generatore la massima potenza? Quanto dovrebbe essere lungo, a parità di diametro e di temperatura? Quanto varrebbe quella potenza? (4 punti) e) Calcola il rendimento del generatore, cioè la frazione della potenza che produce ceduta al filo, nel caso c) e nel caso d), e spiega quale dei due conviene in pratica (3 punti).

17. ●●● **(16 punti)** Nel circuito della Figura V4.2 un alimentatore ($\varepsilon_1 = 15$ V, con la resistenza $R_1 = 3{,}0$ Ω) e una batteria ricaricabile ($\varepsilon_2 = 3{,}0$ V, con la resistenza $R_2 = 2{,}0$ Ω) sono collegati in parallelo a un carico $R_3 = 4{,}0$ Ω. a) Usando i versi delle correnti indicati nella figura, scrivi l'equazione del nodo A e le equazioni delle due maglie (4 punti). b) Risolvi il sistema e trova I_1, I_2 e I_3 (4 punti). c) Calcola la differenza di potenziale $V_\text{A} - V_\text{B}$ lungo tutti e tre i rami. Che cosa significa il segno di I_2? La batteria si sta caricando o scaricando? (3 punti) d) Calcola la potenza erogata dall'alimentatore, quella assorbita dalla batteria e quella dissipata in ciascun resistore, e verifica che il bilancio dell'energia torna. Quale principio esprime questo bilancio? (5 punti)

18. ●●● **(16 punti)** Il proiettore di un'automobile è una lampadina da 55 W per 12 V, alimentata da una batteria da 12 V, considerata ideale, attraverso un solo filo di rame lungo 2,5 m e di sezione 1,0 mm^2; il circuito si chiude attraverso la carrozzeria, di resistenza trascurabile. a) Trascurando la resistenza del filo, calcola la corrente nella lampadina e la sua resistenza in funzionamento (2 punti). b) Calcola la resistenza del filo, la differenza di potenziale ai suoi capi e la potenza che vi si dissipa. È stato lecito trascurarla nel punto a)? (3 punti) c) Calcola la velocità di deriva degli elettroni nel filo (3 punti). d) Quanto tempo impiega, in media, un elettrone di conduzione a percorrere tutto il filo? (2 punti) e) La corrente nella lampadina si stabilisce in una frazione di microsecondo dopo la chiusura dell'interruttore. Spiega perché questo non contraddice il risultato del punto d), e spiega perché la corrente che esce dalla lampadina è uguale a quella che vi entra, anche se la lampadina «consuma» energia (6 punti).

Griglia di valutazione Punti per sezione.

Sezione	Contenuto	Punti
Parte A	domande 1–10 × 2 punti	20
Parte B	esercizi 11–15 × 6 punti	30
Parte C	problema 16 (18), problema 17 (16), problema 18 (16)	50
Totale		**100**

Dal punteggio al voto Corrispondenza indicativa fra punteggio e voto in decimi.

Punteggio	0–24	25–34	35–44	45–54	55–64	65–74	75–84	85–94	95–100
Voto	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Soluzioni

1. B (2 punti). $\Delta Q = I\Delta t = 0{,}80\ \text{A} \times 300\ \text{s} = 240\ \text{C}$; $N = \Delta Q/e = 240\ \text{C} / 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C} = 1{,}5 \times 10^{21}$. (A si ottiene lasciando il tempo in minuti, C è la carica in coulomb, D il prodotto $\Delta Q \cdot e$.)

2. A (2 punti). $R = \rho L/S$: la lunghezza doppia raddoppia R; il diametro doppio quadruplica la sezione, che divide R per 4. In tutto $R_B = R \times 2/4 = R/2$.

3. C (2 punti). Dal grafico, a 12 V la lampadina è percorsa da circa 0,76 A: $R = \Delta V/I = 12\ \text{V} / 0{,}76\ \text{A} \approx 16\ \Omega$. (B è l'inverso della pendenza della curva in quel punto, che non è la resistenza; D è la resistenza a 3 V, minore perché il filamento è più freddo: la lampadina non è ohmica.)

4. D (2 punti). Da $I = neSv_d$, a parità di corrente e di materiale (stessa n) la velocità di deriva è inversamente proporzionale alla sezione: con sezione doppia si dimezza.

5. B (2 punti). $E = P\Delta t = 2{,}4\ \text{kW} \times 0{,}75\ \text{h} = 1{,}8\ \text{kWh}$; spesa $1{,}8\ \text{kWh} \times 0{,}25\ €/\text{kWh} = 0{,}45\ €$. (D è l'energia in kilowattora, C si ottiene usando i minuti al posto delle ore.)

6. C (2 punti). Il parallelo di due resistori da 12 Ω vale 12 Ω/2 = 6,0 Ω; in serie con 12 Ω: $R_{eq} = 6{,}0\ \Omega + 12\ \Omega = 18\ \Omega$. (D è il caso di due resistori in serie collegati in parallelo al terzo.)

7. A (2 punti). Partitore di corrente: $I_8 = I \times 4{,}0\ \Omega/(4{,}0\ \Omega + 8{,}0\ \Omega) = 3{,}0\ \text{A}/3 = 1{,}0\ \text{A}$; i restanti 2,0 A passano nel resistore da 4,0 Ω, che ha resistenza minore. Controllo: $1{,}0\ \text{A} \times 8{,}0\ \Omega = 2{,}0\ \text{A} \times 4{,}0\ \Omega = 8{,}0\ \text{V}$.

8. D (2 punti). $\varepsilon = 6{,}0\ \text{V}$, $r = \varepsilon/I_{cc} = 6{,}0\ \text{V} / 3{,}0\ \text{A} = 2{,}0\ \Omega$. $I = \varepsilon/(R + r) = 6{,}0\ \text{V} / 6{,}0\ \Omega = 1{,}0\ \text{A}$; $\Delta V = \varepsilon - rI = 6{,}0\ \text{V} - 2{,}0\ \text{V} = 4{,}0\ \text{V}$.

9. A (2 punti). $\tau = RC = 1{,}0 \times 10^4\ \Omega \times 470 \times 10^{-6}\ \text{F} = 4{,}7\ \text{s}$, quindi $9{,}4\ \text{s} = 2\tau$: $\Delta V = 12\ \text{V} \times e^{-2} = 12\ \text{V} \times 0{,}135 \approx 1{,}6\ \text{V}$. (B è la tensione dopo un solo τ; C si ottiene credendo che in ogni τ la tensione si dimezzi; la scarica è praticamente finita solo dopo circa 5τ.)

10. C (2 punti). Al fondo scala la corrente nel galvanometro è 1,0 mA e la tensione totale 10 V: $R_G + R_V = 10\ \text{V} / 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{A} = 10\ \text{k}\Omega$, quindi $R_V = 10\,000\ \Omega - 50\ \Omega = 9950\ \Omega = 9{,}95\ \text{k}\Omega$, in serie. (Un resistore piccolo in parallelo, come in B, trasforma il galvanometro in un amperometro.)

11. a) $S = \pi(0{,}25 \times 10^{-3}\ \text{m})^2 = 1{,}96 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$; $L = RS/\rho = 2{,}40\ \Omega \times 1{,}96 \times 10^{-7}\ \text{m}^2 / 1{,}68 \times 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m} \approx 28{,}0\ \text{m}$ (2 punti). b) Da $R = R_0(1 + \alpha\Delta T)$: $\Delta T = (R/R_0 - 1)/\alpha = (2{,}85/2{,}40 - 1) / 3{,}9 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1} = 0{,}1875 / 3{,}9 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1} \approx 48\ \text{K}$; la temperatura media è circa 20 °C + 48 °C ≈ 68 °C (2 punti). c) A freddo $I = 6{,}0\ \text{V} / 2{,}40\ \Omega = 2{,}5\ \text{A}$, $P = \Delta V^2/R = (6{,}0\ \text{V})^2/2{,}40\ \Omega = 15\ \text{W}$; dopo un'ora $I = 6{,}0\ \text{V} / 2{,}85\ \Omega \approx 2{,}1\ \text{A}$, $P = 36\ \text{V}^2/2{,}85\ \Omega \approx 13\ \text{W}$ (12,6 W): a tensione fissata, la resistenza maggiore riduce corrente e potenza (2 punti).

12. a) $I = P/\Delta V$: forno $1200\ \text{W} / 230\ \text{V} \approx 5{,}2\ \text{A}$; bollitore $2000\ \text{W} / 230\ \text{V} \approx 8{,}7\ \text{A}$; lampada $60\ \text{W} / 230\ \text{V} \approx 0{,}26\ \text{A}$ (2 punti). b) Gli apparecchi sono in parallelo, quindi per la legge dei nodi la corrente che attraversa il fusibile è la somma: 5,22 A + 8,70 A + 0,26 A ≈ 14 A (oppure $3260\ \text{W} / 230\ \text{V} \approx 14{,}2\ \text{A}$), più di 10 A: il fusibile interviene (2 punti). c) $E = 2{,}0\ \text{kW} \times 0{,}10\ \text{h/giorno} \times 365\ \text{giorni} = 73\ \text{kWh}$; spesa $73\ \text{kWh} \times 0{,}30\ €/\text{kWh} \approx 22\ €$ (2 punti).

13. a) Parallelo: $R_{23} = 12\ \Omega \times 4{,}0\ \Omega / 16\ \Omega = 3{,}0\ \Omega$; $R_{eq} = 6{,}0\ \Omega + 3{,}0\ \Omega = 9{,}0\ \Omega$; $I = 18\ \text{V} / 9{,}0\ \Omega = 2{,}0\ \text{A}$. Tensione sul parallelo $2{,}0\ \text{A} \times 3{,}0\ \Omega = 6{,}0\ \text{V}$, quindi $I_2 = 6{,}0\ \text{V} / 12\ \Omega = 0{,}50\ \text{A}$ e $I_3 = 6{,}0\ \text{V} / 4{,}0\ \Omega = 1{,}5\ \text{A}$ (2 punti). b) Il ramo di R_2 diventa di 13 Ω: $R_{23} = 13 \times 4{,}0/17\ \Omega \approx 3{,}06\ \Omega$, $I = 18\ \text{V} / 9{,}06\ \Omega \approx 1{,}99\ \text{A}$, tensione sul parallelo $1{,}99\ \text{A} \times 3{,}06\ \Omega \approx 6{,}08\ \text{V}$, e l'amperometro legge $6{,}08\ \text{V} / 13\ \Omega \approx 0{,}47\ \text{A}$ (0,468 A): circa il 6,5% in meno di 0,50 A (2 punti). c) Svolgendo i passaggi in forma letterale, la corrente nel ramo è $I_2 = \varepsilon R_3/[R_1(R_2 + R_A + R_3) + (R_2 + R_A)R_3] = 72/(144 + 10R_A)$ A, con R_A in ohm (per $R_A = 0$ si ritrova 0,50 A). Per un errore inferiore all'1% serve $72/(144 + 10R_A) > 0{,}495$, cioè $144 + 10R_A < 145{,}5$ e $R_A < 0{,}15\ \Omega$: l'amperometro deve avere una

resistenza molto minore di quelle del circuito (2 punti).

14. a) Correnti: $I_1 = 5{,}0\ \text{V} / 10\ \Omega = 0{,}50\ \text{A}$, $I_2 = 4{,}0\ \text{V} / 4{,}0\ \Omega = 1{,}0\ \text{A}$. Da $\Delta V = \varepsilon - rI$: $\varepsilon - 0{,}50\ \text{A} \cdot r = 5{,}0\ \text{V}$ e $\varepsilon - 1{,}0\ \text{A} \cdot r = 4{,}0\ \text{V}$; sottraendo, $0{,}50\ \text{A} \cdot r = 1{,}0\ \text{V}$, $r = 2{,}0\ \Omega$ e $\varepsilon = 5{,}0\ \text{V} + 1{,}0\ \text{V} = 6{,}0\ \text{V}$ (3 punti). b) $I_{cc} = \varepsilon/r = 6{,}0\ \text{V} / 2{,}0\ \Omega = 3{,}0\ \text{A}$ (1 punto). c) La potenza ceduta al carico è massima per $R = r = 2{,}0\ \Omega$ e vale $\varepsilon^2/(4r) = (6{,}0\ \text{V})^2/8{,}0\ \Omega = 4{,}5\ \text{W}$ (corrente 1,5 A, tensione ai morsetti 3,0 V) (2 punti).

15. a) $\tau = RC = 47 \times 10^3\ \Omega \times 220 \times 10^{-6}\ \text{F} \approx 10\ \text{s}$ (10,3 s); $Q = C\varepsilon = 220 \times 10^{-6}\ \text{F} \times 9{,}0\ \text{V} \approx 2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{C}$ (1,98 mC) (2 punti). b) $t/\tau = 20\ \text{s} / 10{,}3\ \text{s} \approx 1{,}93$, $e^{-1{,}93} \approx 0{,}145$. $q = Q(1 - e^{-t/\tau}) = 1{,}98\ \text{mC} \times 0{,}855 \approx 1{,}7\ \text{mC}$; $i = (\varepsilon/R)\ e^{-t/\tau} = (9{,}0\ \text{V} / 47\ \text{k}\Omega) \times 0{,}145 = 191\ \mu\text{A} \times 0{,}145 \approx 28\ \mu\text{A}$ (2 punti). c) $U = \frac{1}{2}C\varepsilon^2 = \frac{1}{2} \times 220 \times 10^{-6}\ \text{F} \times (9{,}0\ \text{V})^2 \approx 8{,}9 \times 10^{-3}\ \text{J}$. Il generatore compie il lavoro $Q\varepsilon = C\varepsilon^2 \approx 17{,}8$ mJ; la differenza, 8,9 mJ, cioè metà del lavoro, si dissipa nel resistore per effetto Joule, qualunque sia R (2 punti).

16. a) $S = \pi(0{,}20 \times 10^{-3}\ \text{m})^2 = 1{,}26 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$; $R_0 = \rho L/S = 1{,}1 \times 10^{-6}\ \Omega\cdot\text{m} \times 0{,}50\ \text{m} / 1{,}26 \times 10^{-7}\ \text{m}^2 \approx 4{,}4\ \Omega$ (4,38 Ω) (3 punti). b) $I = \varepsilon/(R_0 + r) = 24\ \text{V} / 5{,}88\ \Omega \approx 4{,}1\ \text{A}$ (2 punti); $\Delta V = \varepsilon - rI = 24\ \text{V} - 1{,}5\ \Omega \times 4{,}08\ \text{A} \approx 18\ \text{V}$ (17,9 V) (1 punto); $P = R_0I^2 = 4{,}38\ \Omega \times (4{,}08\ \text{A})^2 \approx 73\ \text{W}$ (1 punto). c) $R = R_0(1 + \alpha\Delta T) = 4{,}38\ \Omega \times (1 + 4{,}0 \times 10^{-4}\ \text{K}^{-1} \times 200\ \text{K}) = 4{,}38\ \Omega \times 1{,}08 \approx 4{,}7\ \Omega$ (4,73 Ω); $I = 24\ \text{V} / 6{,}23\ \Omega \approx 3{,}9\ \text{A}$ (3,85 A); $P = 4{,}73\ \Omega \times (3{,}85\ \text{A})^2 \approx 70\ \text{W}$ (3 punti). La resistenza del filo è cresciuta con la temperatura e la corrente è diminuita; poiché la resistenza del filo è già maggiore di r, aumentarla ancora allontana dalla condizione di massima potenza, e la potenza cala (1 punto). d) Massima potenza per $R = r = 1{,}5\ \Omega$ (1 punto). A parità di sezione e temperatura $R \propto L$: $L = 0{,}50\ \text{m} \times 1{,}5\ \Omega / 4{,}73\ \Omega \approx 0{,}16\ \text{m}$ (2 punti). $P_{max} = \varepsilon^2/(4r) = (24\ \text{V})^2/6{,}0\ \Omega = 96\ \text{W}$, con una corrente di 8,0 A (1 punto). e) Rendimento = $R/(R + r)$: nel caso c) 4,73/6,23 ≈ 0,76 (76%); nel caso d) 1,5/3,0 = 0,50 (50%) (2 punti). In pratica conviene il filo lungo: taglia un pezzo di polistirolo tre volte più largo, riceve quasi la stessa potenza (70 W contro 96 W), e il generatore spreca al suo interno solo 22 W invece di 96 W, scaldandosi molto meno (1 punto).

17. a) Nodo A: $I_1 + I_2 = I_3$ (1 punto). Maglia di sinistra (ε_1, R_1, R_2, ε_2), percorsa in senso orario: $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = R_1I_1 - R_2I_2$, cioè $15\ \text{V} - 3{,}0\ \text{V} = (3{,}0\ \Omega)I_1 - (2{,}0\ \Omega)I_2$ (1,5 punti). Maglia di destra (ε_2, R_2, R_3), in senso orario: $\varepsilon_2 = R_2I_2 + R_3I_3$, cioè $3{,}0\ \text{V} = (2{,}0\ \Omega)I_2 + (4{,}0\ \Omega)I_3$ (1,5 punti). b) Sostituendo $I_3 = I_1 + I_2$ nella seconda maglia: $3{,}0 = 4{,}0I_1 + 6{,}0I_2$; dalla prima $I_1 = (12 + 2{,}0I_2)/3{,}0 = 4{,}0 + 0{,}667I_2$. Quindi $3{,}0 = 16 + 2{,}67I_2 + 6{,}0I_2$, $I_2 = -13/8{,}67 = -1{,}5\ \text{A}$ (2 punti); $I_1 = 4{,}0 - 1{,}0 = 3{,}0\ \text{A}$; $I_3 = 3{,}0\ \text{A} - 1{,}5\ \text{A} = 1{,}5\ \text{A}$ (2 punti). c) Ramo di R_3: $V_A - V_B = R_3I_3 = 6{,}0\ \text{V}$; ramo dell'alimentatore: $\varepsilon_1 - R_1I_1 = 15\ \text{V} - 9{,}0\ \text{V} = 6{,}0\ \text{V}$; ramo della batteria: $\varepsilon_2 - R_2I_2 = 3{,}0\ \text{V} + 3{,}0\ \text{V} = 6{,}0\ \text{V}$: i tre risultati coincidono, come devono (1,5 punti). I_2 negativa significa che la corrente nella batteria scorre in verso opposto a quello ipotizzato, cioè entra dal polo + ed esce dal −: la batteria si sta caricando (1,5 punti). d) Erogata dall'alimentatore: $\varepsilon_1I_1 = 15\ \text{V} \times 3{,}0\ \text{A} = 45\ \text{W}$. Assorbita dalla batteria (immagazzinata come energia chimica): $\varepsilon_2|I_2| = 3{,}0\ \text{V} \times 1{,}5\ \text{A} = 4{,}5\ \text{W}$. Dissipate: $R_1{I_1}^2 = 3{,}0\ \Omega \times 9{,}0\ \text{A}^2 = 27\ \text{W}$; $R_2{I_2}^2 = 2{,}0\ \Omega \times 2{,}25\ \text{A}^2 = 4{,}5\ \text{W}$; $R_3{I_3}^2 = 4{,}0\ \Omega \times 2{,}25\ \text{A}^2 = 9{,}0\ \text{W}$ (3 punti). Totale assorbito: 4,5 W + 27 W + 4,5 W + 9,0 W = 45 W, uguale alla potenza erogata (1 punto). Il bilancio esprime la conservazione dell'energia, la stessa che sta alla base della legge delle maglie (1 punto).

18. a) $I = P/\Delta V = 55\ \text{W} / 12\ \text{V} \approx 4{,}6\ \text{A}$ (4,58 A); $R = \Delta V/I = 12\ \text{V} / 4{,}58\ \text{A} \approx 2{,}6\ \Omega$ (oppure $\Delta V^2/P = 144\ \text{V}^2/55\ \text{W} = 2{,}62\ \Omega$) (2 punti). b) $R_{filo} = \rho L/S = 1{,}68 \times 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m} \times 2{,}5\ \text{m} / 1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{m}^2 = 0{,}042\ \Omega$; $\Delta V = 0{,}042\ \Omega \times 4{,}58\ \text{A} \approx 0{,}19\ \text{V}$; $P = RI^2 = 0{,}042\ \Omega \times (4{,}58\ \text{A})^2 \approx 0{,}88\ \text{W}$ (2 punti). La resistenza del filo è circa l'1,6% di quella della lampadina: tenendone conto la corrente scende a 4,51 A, meno del 2% in meno, quindi trascurarla era lecito con due cifre significative (1 punto). c) $v_d = I/(neS) = 4{,}58\ \text{A} / (8{,}5 \times 10^{28}\ \text{m}^{-3} \times 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{m}^2) \approx 3{,}4 \times 10^{-4}\ \text{m/s}$, cioè circa un terzo di millimetro al secondo (3 punti). d) $t = L/v_d = 2{,}5\ \text{m} / 3{,}4 \times 10^{-4}\ \text{m/s} \approx 7{,}4 \times 10^3\ \text{s}$, circa due ore (2 punti). e) Traccia: il filo e il filamento sono già pieni di elettroni di conduzione. Quando si chiude l'interruttore non bisogna aspettare che un elettrone vada dalla batteria alla lampadina: ciò che si propaga lungo il circuito è il campo elettrico, che si stabilisce in tutto il conduttore in un tempo dell'ordine di L/c, quasi alla ve-

locità della luce, e mette in moto di deriva quasi nello stesso istante gli elettroni che si trovano già nel filamento. (Il filamento impiega poi qualche centesimo di secondo a scaldarsi fino all'incandescenza, ma per un motivo termico, non per la lentezza degli elettroni.) (3 punti). La corrente non si consuma: in regime stazionario la carica non si accumula in nessun punto (conservazione della carica, legge dei nodi), quindi in un circuito con un solo percorso la stessa carica attraversa ogni sezione in ogni secondo. Ciò che la lampadina trasforma, in energia interna e luce, è l'energia potenziale elettrica delle cariche: ogni coulomb la attraversa perdendo 12 J ($\Delta V = 12$ V), non sparendo (3 punti).