VERIFICA

Verifica di fine parte · La corrente elettrica

Tempo indicativo: 100 minuti · Punteggio totale: 100 punti

Fisica 5 · Parte II · La corrente elettrica · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte · La corrente elettrica · pagine 157–164 del volume completo · estratto per lo studio

La verifica riguarda i capitoli 4 e 5. È ammessa la calcolatrice scientifica. Scrivi sempre le formule che usi, i passaggi e le unità di misura: un risultato senza unità è incompleto. Esprimi i risultati con un numero di cifre significative coerente con i dati. Dove non è indicato diversamente usa $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C, il calore specifico dell'acqua 4186 J/(kg·K), 1 kWh = $3{,}6 \times 10^{6}$ J e le resistività della Tabella A.2 dell'Appendice; i fili di collegamento hanno resistenza trascurabile. La domanda sulla fonte (Parte C) vale da sola 14 punti: leggi il testo con attenzione e rispondi con frasi complete.

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

1. ● In un filo di rame percorso da una corrente di qualche ampere, gli elettroni di conduzione avanzano lungo il filo con una velocità media dell'ordine di:
   - **A.** circa 3×10^{8} m/s, come la luce
   - **B.** frazioni di millimetro al secondo
   - **C.** qualche metro al secondo
   - **D.** zero: gli elettroni restano fermi e si sposta soltanto il campo

2. ●● Un filo ha resistenza R. Un secondo filo dello stesso materiale, alla stessa temperatura, è lungo il doppio e ha diametro doppio. La sua resistenza è:
   - **A.** $2R$
   - **B.** R
   - **C.** $R/2$
   - **D.** $R/4$

3. ●● Un resistore è collegato a un generatore ideale. Se gli si collega in parallelo un secondo resistore:
   - **A.** la corrente erogata dal generatore aumenta, quella nel primo resistore non cambia
   - **B.** la corrente erogata dal generatore resta la stessa e si divide fra i due resistori
   - **C.** la corrente nel primo resistore si dimezza
   - **D.** la resistenza equivalente del circuito aumenta

4. ● Una pila ha $f_{em} = 6{,}0$ V e resistenza interna 0,50 Ω. Se i suoi poli vengono collegati da un filo di resistenza trascurabile, la corrente vale circa:
   - **A.** 3,0 A
   - **B.** zero, perché la tensione ai poli si annulla
   - **C.** 6,0 A
   - **D.** 12 A

5. ●● Uno studente, per errore, collega un voltmetro digitale in serie con una lampadina e una pila, invece che in parallelo alla lampadina. Che cosa osserva?
   A. la lampadina resta spenta e il voltmetro segna circa la f_{em} della pila
   B. il voltmetro si brucia, perché lo attraversa una corrente enorme
   C. la lampadina brilla più del normale
   D. il voltmetro segna zero, perché in serie non c'è differenza di potenziale

6. ● Un asciugacapelli da 1200 W resta acceso per 15 minuti. L'energia elettrica che usa è:
   A. 0,30 kW
   B. 18 kWh
   C. 0,30 kWh
   D. 4,8 kWh

7. ●● Una lampadina a incandescenza da «230 V – 60 W» e una da «230 V – 100 W» sono collegate in parallelo alla rete a 230 V. Quale affermazione è corretta?
   A. la lampadina da 100 W ha la resistenza maggiore
   B. la lampadina da 60 W ha la resistenza maggiore, circa 880 Ω
   C. le due lampadine hanno la stessa resistenza, perché hanno la stessa tensione
   D. le due lampadine sono attraversate dalla stessa corrente

8. ●● Una persona su un pavimento di legno asciutto, con scarpe di gomma e quindi isolata da terra, tocca con una mano la fase e con l'altra il neutro di un impianto domestico. Quale protezione interviene con certezza?
   A. l'interruttore differenziale, perché la corrente attraversa il corpo
   B. il magnetotermico, perché la corrente nel corpo è un sovraccarico
   C. il fusibile, che fonde per effetto Joule
   D. nessuna: per il differenziale la corrente che va sulla fase torna tutta dal neutro, e per il magnetotermico e il fusibile è troppo piccola

9. ●● In un circuito RC si raddoppia la resistenza e si dimezza la capacità. La costante di tempo:
   A. resta la stessa
   B. raddoppia
   C. quadruplica
   D. si dimezza

10. ●● Drogando il silicio puro con una piccolissima quantità di boro, che ha tre elettroni esterni, si ottiene:
    A. un semiconduttore di tipo n, con un elettrone libero per ogni atomo di boro
    B. un isolante perfetto, perché mancano elettroni
    C. un semiconduttore di tipo p, in cui la corrente è portata da lacune che si comportano come cariche positive
    D. un superconduttore a temperatura ambiente

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

11. ●● Una bobina è avvolta con 120 m di filo di rame smaltato di diametro 0,30 mm. a) Calcola la resistenza della bobina a 20 °C (2 punti). b) Calcola la corrente che la attraversa quando è collegata a un generatore ideale da 6,0 V (1 punto). c) Dopo qualche minuto di funzionamento, con la stessa tensione, la corrente è scesa a 0,190 A. Calcola la nuova resistenza e la temperatura raggiunta dal filo (2 punti). d) La bobina, in queste condizioni, rispetta la prima legge di Ohm? Motiva (1 punto).

12. ●● Si misurano corrente e tensione ai poli di una batteria che alimenta due resistori diversi: quando eroga 0,50 A la tensione ai poli è 8,6 V, quando eroga 1,50 A è 7,8 V. a) Ricava la forza elettromotrice e la resistenza interna della batteria (3 punti). b) Quale corrente circolerebbe in cortocircuito? Perché non va provato? (1 punto) c) Calcola le resistenze dei due resistori esterni usati nelle due misure (1 punto). d) Che cosa segna un voltmetro di resistenza molto grande collegato da solo ai poli della batteria? (1 punto)

13. ● In una casa, in un giorno tipico, il frigorifero assorbe in media 150 W per 10 ore (il compressore non è sempre acceso), la lavatrice 2000 W per 1,0 ora, il forno 2200 W per mezz'ora, il televisore 100 W per 4 ore e le lampade a LED, in tutto, 60 W per 5 ore. a) Calcola l'energia usata da ciascun apparecchio e quella totale in un giorno, in kWh (2 punti). b) Calcola l'energia in un mese di 30 giorni, in kWh e in joule, e la spesa, se il prezzo dell'energia è di 0,28 € al kWh (2 punti). c) Il contratto prevede una potenza massima di 3,0 kW. Si possono tenere accesi insieme lavatrice, forno e frigorifero? Calcola la corrente totale che assorbirebbero a 230 V (2 punti).

14. ●● La batteria di una bicicletta a pedalata assistita porta l'indicazione «36 V – 10 A·h». a) Quanta carica può far circolare, in coulomb? (1 punto) b) Quanta energia immagazzina, in W·h, in joule e in kWh? (2 punti) c) Quanto costa una ricarica completa, se il prezzo dell'energia è di 0,30 € al kWh e si trascurano le perdite? (1 punto) d) Se il motore usa in media 9,0 W·h per ogni kilometro, quanti kilometri di assistenza garantisce una carica? (1 punto) e) La batteria è formata da celle agli ioni di litio da 3,6 V: quante celle, almeno, devono essere collegate in serie, e perché in serie? (1 punto)

15. ●● Dopo aver camminato su un tappeto sintetico, avvicini la mano a una maniglia metallica e scocca una scintilla lunga circa 4,0 mm. a) Sapendo che l'aria secca diventa conduttrice per campi di circa 3×10^{6} V/m, stima la differenza di potenziale fra la tua mano e la maniglia (2 punti). b) Il corpo umano si comporta come un condensatore di capacità circa 150 pF (capitolo 3). Stima la carica e l'energia accumulate (2 punti). c) Spiega perché l'aria, che è un isolante, a un certo punto conduce; e perché questa scossa di migliaia di volt è fastidiosa ma non pericolosa come il contatto con la rete a 230 V (2 punti).

Parte C · Problemi e domanda sulla fonte (50 punti in totale)

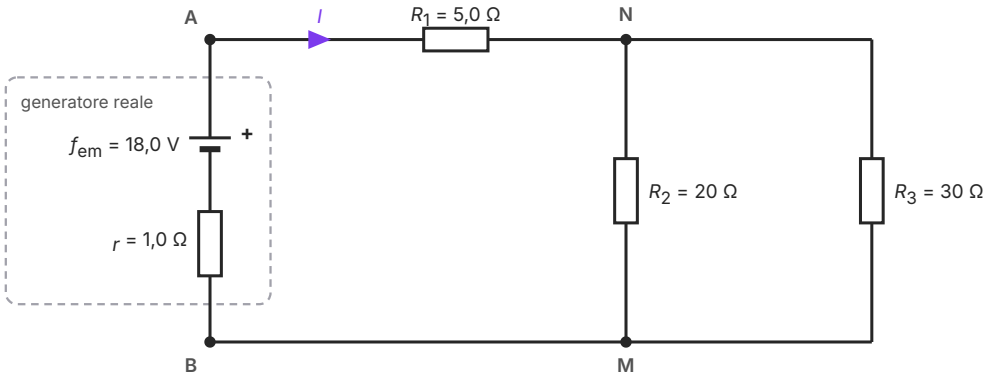


Figura V2.1 Il circuito del primo problema della Parte C. Il generatore reale (nel riquadro tratteggiato) è un generatore ideale di forza elettromotrice f_{em} in serie con la resistenza interna r; A e B sono i suoi poli, N e M i nodi fra i quali si diramano R_2 e R_3.

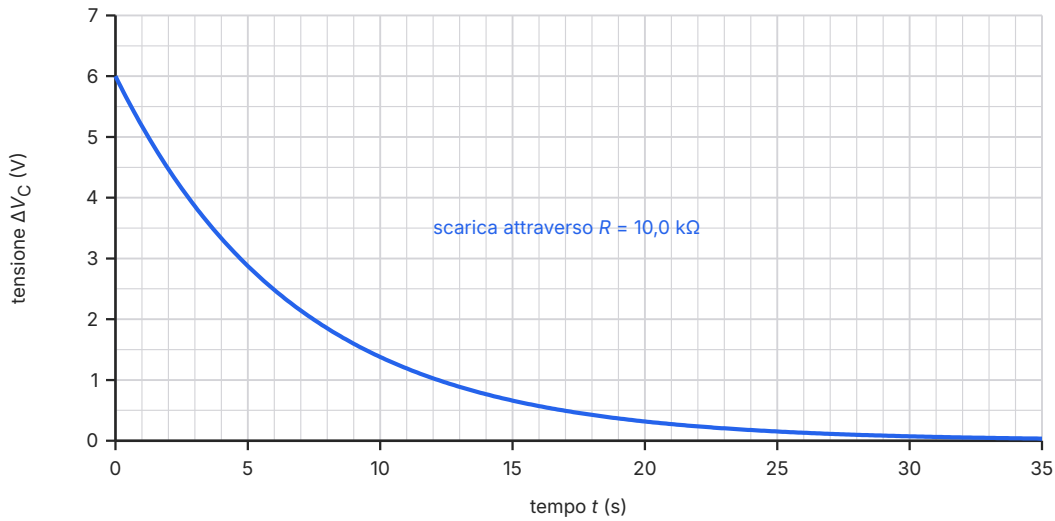


Figura V2.2 La tensione ai capi del condensatore durante la scarica attraverso il resistore da 10,0 kΩ (curva calcolata). La griglia fine ha passo 1 s e 0,5 V.

16. ●● **(12 punti)** Nel circuito della Figura V2.1 un generatore reale, con f_{em} = 18,0 V e resistenza interna r = 1,0 Ω, alimenta il resistore R_1 = 5,0 Ω in serie con il parallelo di R_2 = 20 Ω e R_3 = 30 Ω. a) Calcola la resistenza equivalente del circuito esterno e quella dell'intero circuito, generatore compreso (2 punti). b) Calcola la corrente erogata dal generatore e la differenza di potenziale fra i suoi poli A e B (3 punti). c) Calcola la corrente e la differenza di potenziale per ciascuno dei tre resistori; verifica la legge dei nodi nel nodo N e la legge delle maglie lungo il percorso chiuso che passa per il generatore, R_1 e R_2 (4 punti). d) Il resistore R_3 si interrompe. Calcola la nuova corrente erogata, la nuova tensione ai poli e la corrente in R_2. Commenta: perché la corrente in R_2 è aumentata, anche se la corrente totale è diminuita? (3 punti)

17. ●●● **(12 punti)** Un bollitore elettrico porta l'indicazione «230 V – 1500 W». Il suo elemento riscaldante è un filo di nicromo di diametro 0,50 mm. a) Calcola la corrente assorbita e la resistenza dell'elemento riscaldante in funzionamento (2 punti). b) Calcola la lunghezza del filo di nicromo. Usa la resistività a 20 °C: per il nicromo il coefficiente di temperatura è piccolo (3 punti). c) Nel bollitore ci sono 1,5 kg d'acqua a 20 °C, e il 90% dell'energia elettrica va all'acqua. Quanto tempo serve per portarla a 100 °C? (4 punti) d) Quanta energia elettrica si è spesa, in kWh, e quanto costa, se il prezzo è di 0,28 € al kWh? Il bollitore è collegato alla stessa linea del forno, da 2200 W, protetta da un magnetotermico da 16 A: che cosa può succedere se si accendono insieme? (3 punti)

18. ●● **(12 punti)** Un condensatore di capacità incognita, carico alla tensione di 6,0 V, si scarica attraverso un resistore R = 10,0 kΩ. La Figura V2.2 riporta la tensione ai suoi capi in funzione del tempo. a) Calcola la corrente nel resistore all'istante iniziale (1 punto). b) Ricava dal grafico la costante di tempo del circuito, spiegando come la leggi, e da essa la capacità del condensatore (3 punti). c) Calcola la carica e l'energia immagazzinate nel condensatore all'inizio. Dove va a finire quell'energia durante la scarica? (3 punti) d) Leggi nel grafico dopo quanto tempo la tensione si dimezza e dopo quanto si riduce a un quarto; dopo quanto tempo, circa, il condensatore è praticamente scarico? (2 punti) e) Quale frazione dell'energia iniziale resta nel condensatore all'istante $t = \tau$? Perché è molto minore del 37%? (3 punti)

19. ●●● **(14 punti) Domanda sulla fonte.** Nella Settima serie delle *Experimental Researches in Electricity* (1834) Michael Faraday spiega perché non vuole usare, per i corpi che nella soluzione si dirigono verso gli elettrodi, i nomi correnti di «elettro-negativi» ed «elettro-positivi»: «questi termini sono troppo carichi di significato per l'uso che dovrei farne; perché, anche se forse i significati sono giusti, sono soltanto ipotetici, e possono essere sbagliati [...]. Propongo di distinguere questi corpi chiamando *anioni* quelli che vanno all'anodo del corpo che si decompone, e *cationi* quelli che passano al catodo; e quando avrò occasione di parlarne insieme, li chiamerò *ioni*» (traduzione della redazione). a) Spiega con parole tue che cosa sono, oggi, gli ioni di una soluzione elettrolitica, verso quale elettrodo si muovono cationi e anioni e perché; chiarisci il significato dei nomi a partire dal greco (3 punti). b) Perché Faraday preferisce nomi che descrivono soltanto *dove va* un corpo, e non perché ci va? Fai un esempio, preso dal capitolo 4, di un nome o di una convenzione dell'elettricità che contiene un'ipotesi fissata prima di sapere come stavano le cose (4 punti). c) In una cella per l'elettrolisi dell'acqua circola una corrente di 0,80 A per 30 minuti. Calcola la carica che attraversa il circuito e il numero di elettroni corrispondente. Al catodo ogni molecola di idrogeno, H_2, si forma acquistando due elettroni: quante molecole di idrogeno si sviluppano, e quante moli ($N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$)? Quante molecole di ossigeno, all'anodo? (4 punti) d) Nel circuito esterno alla cella e nella soluzione si muovono cariche diverse. Quali? La corrente è la stessa in ogni punto del circuito, anche dentro la soluzione? Motiva con la conservazione della carica (3 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	problemi 16, 17 e 18 (12 punti ciascuno), domanda sulla fonte 19 (14 punti)	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). Gli elettroni urtano di continuo gli ioni del reticolo e il campo imprime loro soltanto una lenta velocità di deriva, dell'ordine di 10^{-4} m/s. Ciò che viaggia quasi alla velocità della luce (A) è il segnale, cioè il campo che si stabilisce lungo il filo; gli elettroni non sono fermi (D).

2. C (2 punti). Per la seconda legge di Ohm $R = \rho L/S$. Lunghezza doppia: resistenza doppia; diametro doppio: sezione quadrupla, resistenza divisa per 4. In tutto 2/4 = 1/2. Chi risponde B dimentica che la sezione dipende dal quadrato del diametro.

3. A (2 punti). Con un generatore ideale la tensione ai capi del primo resistore resta la stessa, quindi resta la stessa la sua corrente; il secondo ramo aggiunge la sua corrente, e il generatore eroga la somma. La resistenza equivalente diminuisce (D è falsa).

4. D (2 punti). In cortocircuito la corrente è limitata soltanto dalla resistenza interna: $I_{cc} = f_{em}/r$ = 6,0 V / 0,50 Ω = 12 A. La tensione ai poli scende quasi a zero (B), ma la corrente è la massima possibile.

5. A (2 punti). Il voltmetro ha una resistenza grandissima (megaohm): in serie riduce quasi a zero la corrente, la lampadina non si accende e quasi tutta la f_{em} si trova ai capi del voltmetro, che la segna. È l'amperometro, non il voltmetro, a rischiare di bruciarsi se collegato in modo sbagliato (B).

6. C (2 punti). $E = P\Delta t$ = 1,2 kW · 0,25 h = 0,30 kWh (circa $1{,}1 \times 10^6$ J). A è una potenza, non un'energia; B usa i minuti al posto delle ore.

7. B (2 punti). A tensione fissata $P = \Delta V^2/R$, quindi $R = \Delta V^2/P$: $(230\text{ V})^2/60\text{ W} \approx 880\ \Omega$ per la lampadina da 60 W e $(230\text{ V})^2/100\text{ W} \approx 530\ \Omega$ per quella da 100 W. A parità di tensione scalda di più la resistenza minore. Le correnti sono diverse (D): 0,26 A e 0,43 A.

8. D (2 punti). La corrente entra nel corpo dalla fase ed esce dal neutro: il differenziale, che confronta la corrente sulla fase con quella sul neutro, le trova uguali e non scatta; il magnetotermico (come il fusibile) interviene soltanto per correnti molto maggiori, come quelle di un sovraccarico dei cavi. Per questo il salvavita non sostituisce la prudenza.

9. A (2 punti). $\tau = RC$: $(2R) \cdot (C/2) = RC$. Con un resistore doppio la corrente è metà, ma c'è anche metà carica da spostare.

10. C (2 punti). Ogni atomo di boro lascia un legame con un elettrone mancante, una lacuna; un elettrone di un legame vicino può occuparla, spostando la lacuna, che si comporta come una carica positiva in moto. Il tipo n (A) si ottiene con atomi che hanno cinque elettroni esterni, come il fosforo.

11. a) $S = \pi(0{,}15 \times 10^{-3}\text{ m})^2 = 7{,}07 \times 10^{-8}\text{ m}^2$ (1 punto); $R = \rho L/S = 1{,}68 \times 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m} \cdot 120\text{ m} / 7{,}07 \times 10^{-8}\text{ m}^2 \approx 28{,}5\ \Omega$ (1 punto). b) $I = \Delta V/R$ = 6,0 V / 28,5 Ω ≈ 0,21 A (1 punto). c) R' = 6,0 V / 0,190 A ≈ 31,6 Ω; da $R' = R(1 + \alpha\Delta T)$: $\Delta T = (R'/R - 1)/\alpha = (31{,}6/28{,}5 - 1)/(3{,}9 \times 10^{-3}\text{ K}^{-1}) \approx 28$ K, quindi il filo è a circa 48 °C (1 punto per la resistenza, 1 per la temperatura; con le dimensioni del filo invariate, la resistenza cambia come la resistività). d) A temperatura costante il rame è ohmico; qui però la corrente scalda il filo e la sua resistenza cresce: il rapporto $\Delta V/I$ non resta costante, come per il filamento di una lampadina, anche se l'effetto è molto più piccolo (1 punto).

12. a) Per il generatore reale $\Delta V = f_{em} - rI$: 8,6 V = f_{em} − r · 0,50 A e 7,8 V = f_{em} − r · 1,50 A (1 punto). Sottraendo: 0,8 V = r · 1,00 A, quindi r = 0,80 Ω (1 punto); f_{em} = 8,6 V + 0,80 Ω · 0,50 A = 9,0 V (1 punto). b) $I_{cc} = f_{em}/r$ = 9,0 V / 0,80 Ω ≈ 11 A: una corrente molto intensa, che scalda per effetto Joule i fili e la batteria stessa e può danneggiarla (1 punto). c) Il resistore esterno ha ai capi la tensione ai poli: R = 8,6 V / 0,50 A = 17,2 Ω ≈ 17 Ω e R = 7,8 V / 1,50 A = 5,2 Ω (1 punto). d) Il voltmetro non fa passare quasi corrente, quindi $\Delta V \approx f_{em}$ = 9,0 V (1 punto).

13. a) $E = P\Delta t$: frigorifero 0,150 kW · 10 h = 1,5 kWh; lavatrice 2,0 kWh; forno 2,2 kW · 0,5 h = 1,1 kWh; televisore 0,40 kWh; lampade 0,30 kWh (1 punto). Totale 5,3 kWh al giorno (1 punto). b) In 30 giorni 5,3 kWh · 30 = 159 kWh ≈ $1{,}6 \times 10^2$ kWh, cioè $159 \cdot 3{,}6 \times 10^6$ J ≈ $5{,}7 \times 10^8$ J (1 punto); spesa 159 kWh · 0,28 €/kWh ≈ 45 € (1 punto). c) Gli apparecchi sono in parallelo e le potenze si sommano: 2000 W + 2200 W + 150 W = 4350 W, più dei 3,0 kW del contratto: non si possono tenere accesi insieme (1 punto). La corrente totale sarebbe $I = P/\Delta V$ = 4350 W / 230 V ≈ 19 A, la somma delle correnti dei tre rami (1 punto).

14. a) Q = 10 A · 3600 s = $3{,}6 \times 10^4$ C (1 punto). b) $E = Q\Delta V$ = 10 A·h · 36 V = 360 W·h (1 punto) = 360 · 3600 J ≈ $1{,}3 \times 10^6$ J = 0,36 kWh (1 punto). c) 0,36 kWh · 0,30 €/kWh ≈ 0,11 €, circa 11 centesimi; con le perdite reali del caricatore un poco di più (1 punto). d) 360 W·h / (9,0 W·h/km) = 40 km (1 punto). e) Collegando celle in serie le forze elettromotrici si sommano: servono 36 V / 3,6 V = 10 celle in serie (1 punto; la batteria ne contiene di più, perché gruppi di celle in parallelo aumentano la carica disponibile).

15. a) In un campo quasi uniforme $\Delta V \approx Ed = 3 \times 10^6$ V/m · $4{,}0 \times 10^{-3}$ m ≈ $1{,}2 \times 10^4$ V, una decina di migliaia di volt (2 punti; è soltanto una stima, perché il campo fra mano e maniglia non è esattamente uniforme e il dato di 3×10^6 V/m è approssimato). b) $Q = C\Delta V$ = 150×10^{-12} F · $1{,}2 \times 10^4$ V ≈ $1{,}8 \times 10^{-6}$ C (1 punto); $U = \frac{1}{2}C\Delta V^2 = \frac{1}{2} \cdot 150 \times 10^{-12}$ F · $(1{,}2 \times 10^4\ \text{V})^2 \approx 1 \times 10^{-2}$ J, circa un centesimo di joule (1 punto). c) L'aria contiene sempre pochi ioni ed elettroni liberi; se il campo è abbastanza intenso, gli elettroni, accelerati fra un urto e l'altro, acquistano l'energia per ionizzare le molecole che colpiscono, e la ionizzazione si moltiplica a valanga: il gas diventa conduttore (1 punto). La scarica trasporta pochi microcoulomb in un tempo brevissimo e poca energia, poi si esaurisce perché il corpo si è scaricato; la rete, invece, mantiene la tensione e fa circolare nel corpo una corrente finché il contatto dura: il pericolo dipende dalla corrente e dalla sua durata, non dalla tensione da sola (1 punto).

16. a) Parallelo: R_{23} = (20 · 30)/(20 + 30) Ω = 12 Ω (1 punto); circuito esterno: R_{est} = 5,0 Ω + 12 Ω = 17 Ω; con la resistenza interna, 18 Ω (1 punto). b) $I = f_{em}/(R_{est} + r)$ = 18,0 V / 18 Ω = 1,0 A (2 punti); tensione ai poli $\Delta V_{AB} = f_{em} - rI$ = 18,0 V − 1,0 V = 17,0 V (1 punto). c) ΔV_1 = 5,0 Ω · 1,0 A = 5,0 V con I_1 = 1,0 A; al parallelo ΔV_{NM} = 12 Ω · 1,0 A = 12 V, uguale per R_2 e R_3 (1 punto); I_2 = 12 V / 20 Ω = 0,60 A, I_3 = 12 V / 30 Ω = 0,40 A (1 punto). Nodo N: entra 1,0 A, escono 0,60 A + 0,40 A = 1,0 A (1 punto). Maglia: 18,0 V − 1,0 V − 5,0 V − 12 V = 0 (1 punto). d) Senza R_3: R_{est} = 5,0 Ω + 20 Ω = 25 Ω, I = 18,0 V / 26 Ω ≈ 0,69 A (1 punto); ΔV_{AB} = 18,0 V − 1,0 Ω · 0,69 A ≈ 17,3 V; la corrente in R_2 è ora tutta la corrente, 0,69 A (1 punto). Commento: la resistenza esterna è aumentata, quindi la corrente totale è diminuita e la caduta su R_1 e su r è minore; resta più tensione per R_2 (circa 13,8 V invece di 12 V), e poiché R_2 non divide più la corrente con R_3 la sua corrente cresce da 0,60 A a 0,69 A (1 punto).

17. a) $I = P/\Delta V$ = 1500 W / 230 V ≈ 6,5 A (1 punto); $R = \Delta V^2/P$ = $(230\ \text{V})^2$/1500 W ≈ 35,3 Ω (1 punto). b) $S = \pi(0{,}25 \times 10^{-3}\ \text{m})^2 = 1{,}96 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$ (1 punto); dalla seconda legge di Ohm $L = RS/\rho$ (1 punto) = 35,3 Ω · $1{,}96 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$ / $1{,}10 \times 10^{-6}$ Ω·m ≈ 6,3 m, avvolti a spirale (1 punto). c) Calore per l'acqua (Fisica 4, capitolo 7): $Q = mc\Delta T$ = 1,5 kg · 4186 J/(kg·K) · 80 K ≈ $5{,}02 \times 10^5$ J (1 punto). Energia elettrica necessaria: $E = Q/0{,}90 \approx 5{,}58 \times 10^5$ J (1 punto). Tempo: $\Delta t = E/P$ = $5{,}58 \times 10^5$ J / 1500 W ≈ 372 s (1 punto), circa 6,2 minuti (1 punto). d) $E = 5{,}58 \times 10^5$ J / $3{,}6 \times 10^6$ J/kWh ≈ 0,155 kWh (1 punto); costo 0,155 kWh · 0,28 €/kWh ≈ 0,043 €, poco più di 4 centesimi (1 punto). Bollitore e forno sono in parallelo sulla stessa linea: la corrente totale è (1500 W + 2200 W)/230 V ≈ 16,1 A, appena più dei 16 A della protezione. È un piccolo sovraccarico, che il magnetotermico tollera per un certo tempo; se dura, o se si accende un altro apparecchio, la lamina bimetallica del magnetotermico si scalda, si incurva e apre il circuito, proteggendo i cavi dal surriscaldamento (1 punto).

18. a) All'inizio tutta la tensione del condensatore è ai capi del resistore: I_0 = 6,0 V / $1{,}00 \times 10^4$ Ω = $6{,}0 \times 10^{-4}$ A = 0,60 mA (1 punto). b) Dopo un tempo τ la tensione è scesa al 37% circa del valore iniziale: 0,37 · 6,0 V ≈ 2,2 V (1 punto). Il grafico passa per 2,2 V a circa t = 6,8 s, quindi $\tau \approx$ 6,8 s (1 punto; sono accettabili valori fra 6,5 s e 7,0 s). $C = \tau/R$ = 6,8 s / 1,00 ×

$10^4\ \Omega \approx 6{,}8 \times 10^{-4}$ F = 680 μF (1 punto). c) $Q_0 = C\Delta V_0 = 6{,}8 \times 10^{-4}$ F · 6,0 V ≈ $4{,}1 \times 10^{-3}$ C (1 punto); $U_0 = \frac{1}{2}C\Delta V_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 6{,}8 \times 10^{-4}$ F · $(6{,}0\ \text{V})^2 \approx 1{,}2 \times 10^{-2}$ J (1 punto). Durante la scarica la corrente attraversa il resistore, e tutta l'energia del condensatore diventa energia interna del resistore per effetto Joule, cioè calore (1 punto). d) La tensione vale 3,0 V dopo circa 4,7 s e 1,5 V dopo circa 9,4 s: il secondo dimezzamento richiede lo stesso tempo del primo (1 punto). Dopo circa $5\tau \approx 34$ s il condensatore è scarico a meno dell'1% (1 punto). e) L'energia è proporzionale al quadrato della tensione: $U/U_0 = (\Delta V/\Delta V_0)^2 \approx 0{,}37^2 \approx 0{,}14$ (2 punti): resta circa il 14% dell'energia iniziale, $1{,}7 \times 10^{-3}$ J, perché diminuendo la tensione diminuiscono insieme la carica e la tensione a cui essa si trova (1 punto).

19. Traccia di risposta. a) Gli ioni sono atomi o gruppi di atomi con carica elettrica, che in un elettrolita (un sale, un acido o una base sciolti in acqua) sono liberi di muoversi (1 punto). Fra gli elettrodi c'è un campo elettrico: i cationi, positivi, vanno verso il catodo, collegato al polo negativo; gli anioni, negativi, verso l'anodo, collegato al polo positivo (1 punto). ἰών è «che va», participio di εἶμι; anodo e catodo vengono da ἄνοδος e κάθοδος, «via in su» e «via in giù» (ὁδός, «via»): i nomi dicono soltanto dove va un corpo (1 punto). b) Un nome che contiene un'ipotesi la fa accettare senza discuterla, e se l'ipotesi è sbagliata il nome continua a suggerirla a chi lo usa; un nome che descrive soltanto ciò che si osserva resta valido qualunque sia la spiegazione (2 punti). Esempio: il verso convenzionale della corrente, fissato come quello delle cariche positive quando nessuno sapeva quali cariche si muovessero; nei metalli si muovono invece gli elettroni, in verso opposto, e la convenzione è rimasta. Si può citare anche la parola «forza elettromotrice», che non è una forza ma un lavoro per unità di carica (2 punti). c) $Q = I\Delta t = 0{,}80$ A · 1800 s = $1{,}44 \times 10^3$ C (1 punto); $N = Q/e = 1{,}44 \times 10^3$ C / $1{,}60 \times 10^{-19}$ C = $9{,}0 \times 10^{21}$ elettroni (1 punto). Molecole di idrogeno: $9{,}0 \times 10^{21}/2 = 4{,}5 \times 10^{21}$, cioè $4{,}5 \times 10^{21}$ / $6{,}02 \times 10^{23}$ $\text{mol}^{-1} \approx 7{,}5 \times 10^{-3}$ mol (1 punto). L'ossigeno è la metà dell'idrogeno, come vuole $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$: $2{,}3 \times 10^{21}$ molecole, ed è per questo che il suo volume è la metà (1 punto). d) Nei fili e negli elettrodi si muovono gli elettroni; nella soluzione cationi e anioni, in versi opposti, e agli elettrodi le cariche passano dagli uni agli altri attraverso le reazioni chimiche (1 punto). La corrente è la stessa in ogni sezione del circuito, anche nella soluzione: la carica si conserva e, a regime, non si accumula in nessun punto; quanta ne entra per un elettrodo, tanta ne esce per l'altro (1 punto). Nella soluzione i due tipi di ioni contribuiscono entrambi alla corrente nello stesso verso convenzionale, dall'anodo verso il catodo (1 punto).