

COMPITI ESTIVI

1. Una piccola sfera di massa $m = 0.1$ g e carica $q = 1$ nC è appesa con un filo di lunghezza $l = 10$ cm ad un piano verticale infinito che ha una densità superficiale di carica $\sigma = 10$ $\mu\text{C}/\text{m}^2$. Calcolare l'angolo che il filo forma rispetto alla verticale. (R: $29^\circ 56'$)
2. Due cariche q_1 e q_2 sono poste rispettivamente sull'asse x nei punti $x = -a$ e $x = +a$. Trovare la relazione tra le due cariche affinché sia nulla la forza elettrostatica netta che agisce su una terza carica $+Q$ posta nel punto $+a/2$. (R: $q_1/q_2 = 9$)
3. Quattro cariche uguali di 0.5 nC sono disposte ai quattro vertici di un quadrato di 10 cm di lato. Calcolare grandezza e direzione della forza agente su ciascuna carica. (R: 0.4 μN)
4. Quattro cariche identiche, $q = 6$ nC si trovano ai vertici di un quadrato di lato $l = 10$ cm. Quanto deve valere una carica Q posta al centro del quadrato affinché il sistema sia in equilibrio? (R: -5.74 nC)
5. Due cariche q_1 e q_2 , a distanza $d = 20$ cm si respingono con una forza F . A che distanza si devono porre in un olio di costante dielettrica relativa $\epsilon_R = 5$ perché interagiscano con la medesima forza? (R: 8.94 cm)
6. Una sfera conduttrice A possiede una carica Q ; due sfere identiche alla prima (B,C) sono messe a contatto con la sfera A: prima B con A, poi C con A. La terza sfera viene tenuta sempre lontana dalle due che si mettono, volta a volta, in contatto. Determina la carica che si trova alla fine su ciascuna sfera (R: $Q_A = Q/4$; $Q_B = Q/2$; $Q_C = Q/4$)
7. Date due cariche elettriche di valore 1 nC e 4 nC, distanti 3 m tra di loro, determinare l'ascissa del punto (o dei punti) del segmento che li congiunge in cui il campo elettrico si annulla. Si supponga che la carica da 1 nC sia posta nell'origine e che la carica da 4 nC sia posta nell'asse delle ascisse con ascissa positiva. R: $x = 1$ m o $x = -3$ m
8. Una gocciolina di olio ($\rho = 800$ kg/m^3) e raggio $r = 0.5$ μm è soggetta ad un capo elettrico uniforme verticale e diretto verso l'alto. Se il campo elettrico vale $E = 8546$ V/m, determinare quanti elettroni mancano alla goccia (R: 3 elettroni)
9. Due cariche $Q_1 = 2 \cdot 10^{-4}$ C e $Q_2 = -3 \cdot 10^{-4}$ C sono fissate rispettivamente nei punti A (1 m, 0 m) e B (-2 m, 0 m) di un sistema di assi cartesiani (x , y). Calcolare modulo, direzione e verso della forza che agisce su una carica positiva $q = 1$ μC che si trova nel punto P (0 m, 1 m).

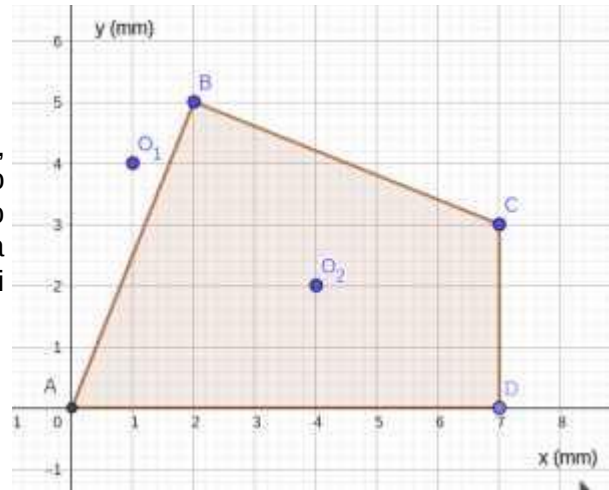
10. Due cariche $Q_1 = -2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $Q_2 = -3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ sono fissate rispettivamente nei punti A(2 m, 0 m) e B(-2 m, 0 m) di un sistema di assi cartesiani (x, y). Calcolare modulo, direzione e verso della forza che agisce su una carica positiva $q = 2 \text{ } \mu\text{C}$ che si trova nel punto P(0 m, 2 m).
11. Due cariche $Q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $Q_2 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ sono fissate rispettivamente nei punti A(4 m, 0 m) e B(2 m, 0 m) di un sistema di assi cartesiani (x, y). Calcolare modulo, direzione e verso della forza che agisce su una carica positiva $q = 1 \text{ } \mu\text{C}$ che si trova nel punto P(0 m, -1 m).
12. Due distribuzioni lineari di carica sono disposte parallelamente a distanza $d = 2.0 \text{ m}$ l'una dall'altra. Le due densità lineari di carica sono, rispettivamente, $\lambda_1 = 4 \text{ mC/m}$ e $\lambda_2 = 1 \text{ mC/m}$. Calcola il modulo del campo elettrico nel punto P equidistante tra i due fili. Quali sono direzione e verso del campo elettrico? In quali punti è nullo il campo elettrico totale?
13. Il flusso del campo elettrico attraverso ognuno dei sei lati una scatola rettangolare è: $\Phi_1 = 150 \text{ Nm}^2/\text{C}$; $\Phi_2 = 250 \text{ Nm}^2/\text{C}$; $\Phi_3 = -350 \text{ Nm}^2/\text{C}$; $\Phi_4 = 175 \text{ Nm}^2/\text{C}$; $\Phi_5 = -100 \text{ Nm}^2/\text{C}$; $\Phi_6 = 450 \text{ Nm}^2/\text{C}$. Qual'è la carica presente dentro la scatola? R: 5.1 pC.
14. Due gusci sferici concentrici carichi hanno raggi 10 cm e 15 cm. la carica sul guscio interno è di 40 nC e quella sul guscio esterno è di 20 nC. Calcola il campo elettrico alla distanza $R_A = 12 \text{ cm}$ e alla distanza $R_B = 20 \text{ cm}$. (R: 25 kN/C, 13.5 kN/C)
15. Su un cavo sottile rettilineo molto lungo è presente una carica negativa con densità di carica lineare di 3.6 nC/m. Il cavo viene circondato da una distribuzione di carica uniforme cilindrica avente raggio di 1.5 cm, coassiale con il cavo. La densità di carica superficiale del cilindro deve essere scelta in modo che il campo elettrico netto entro il cilindro sia nullo. Si calcoli la densità di carica superficiale del cilindro. (R: 38 nC/m²)
16. Una sfera piena di raggio 4 cm ha una carica uniforme pari a 6 pC. Calcolare l'intensità del campo elettrico a 6 cm e a 3 cm dal centro della sfera. (R: 15 N/C; 25.3 N/C)
17. Due piani infinitamente estesi sono posti a distanza $d = 20 \text{ cm}$. I piani sono elettricamente carichi con carica opposta e densità di carica superficiale uniforme, pari, in valore assoluto, a $\sigma = 20 \text{ nC/m}^2$. Una pallina di massa trascurabile e carica positiva $q = +1 \text{ nC}$ è mantenuta in equilibrio tra i due piani mediante un filo isolante di lunghezza $L = 10 \text{ cm}$, vincolato al piano carico positivamente. (a) Determinare il campo elettrico E fra i due piani e la tensione T del filo, specificando per entrambi il modulo, la direzione ed il verso (R: 2.26 kV/m; 2.26 μN) (b) Si supponga di tagliare il filo: calcolare il lavoro fatto dalla forza elettrostatica per portare la pallina dal punto di equilibrio precedente sino alla lamina di carica negativa (R: 0.226 μJ) Trascurare gli effetti gravitazionali.
18. Tre gusci sferici concentrici carichi hanno raggi 10 cm, 15 cm e 20 cm. La carica sul guscio più interno è di 40 nC, quella sul guscio intermedio è -10 nC e quella del guscio esterno è di 20 nC. Calcola il campo elettrico alla distanza $R_A = 2 \text{ cm}$, alla distanza $R_B = 12 \text{ cm}$ e alla distanza $R_C = 18 \text{ cm}$ dal centro.

19. Una carica $Q = 3.2 \text{ nC}$ è distribuita uniformemente all'interno di una sfera di raggio $R = 2.5 \text{ cm}$ e di centro O . In un punto P all'interno della sfera il modulo del campo elettrico è $E = 9.1 \text{ kN/C}$. Determina la distanza di P dal centro della sfera. Una carica puntiforme q è posta a distanza $d_{AO} = 5.0 \text{ cm}$ dal centro O della sfera in un punto A . In un punto B del segmento AO , a distanza $d_{BO} = 1.5 \text{ cm}$ da O , il campo elettrico è nullo. Calcola il valore di q .
20. Tre piani infiniti paralleli A , B e C sono uniformemente carichi. Il piano B si trova 1 m alla destra del piano A , il piano C si trova 1 m alla destra del piano B . Le densità superficiali di carica valgono $\sigma_A = 2 \text{ mC/m}$, $\sigma_B = -2 \text{ mC/m}$ e $\sigma_C = 4 \text{ mC/m}$. Determina il campo elettrico in tutto lo spazio.
21. Nel vuoto, una sferetta di dimensioni trascurabili, carica $q = -0.51 \text{ nC}$ e massa $m = 7.5 \text{ g}$ è posta, equidistante da entrambi, tra un piano infinito con densità superficiale di carica $\sigma = -1.86 \text{ } \mu\text{C/m}^2$ e un filo infinito, parallelo al piano, con densità lineare di carica $\lambda = 0.81 \text{ } \mu\text{C/m}$. La distanza tra il filo e il piano è $d = 28 \text{ cm}$. Calcola il campo elettrico nel punto in cui si trova la sferetta. Calcola l'accelerazione della sferetta. Verso dove è rivolta?
22. Tre superfici cilindriche concentriche cariche hanno raggi 10 cm , 15 cm e 20 cm . La densità di carica sulla superficie più interna è di 40 nC/m^2 , quella sulla superficie intermedia è -10 nC/m^2 e quella sulla superficie esterna è di 20 nC/m^2 . Calcola il campo elettrico alla distanza $R_1 = 2 \text{ cm}$, alla distanza $R_2 = 12 \text{ cm}$ e alla distanza $R_3 = 18 \text{ cm}$ dal centro.
23. Un corpo carico di massa 2 mg e carica -2 nC è collocato, fermo, nei pressi di un piano quadrato, di lato $L = 1.8 \text{ m}$ su cui sono distribuiti uniformemente $n = 4.9 \cdot 10^6$ elettroni. A un certo istante, l'elettrone è lasciato libero di muoversi. Determina il verso del moto del corpo e calcola la distanza percorsa dal corpo in un tempo pari a $t = 2.0 \text{ ms}$ assumendo che sia valida l'approssimazione di un piano infinito di cariche.
24. Due superfici piane distano tra loro $d = 0.5 \text{ cm}$ e portano ciascuna una carica elettrica di densità superficiale pari a $\sigma_1 = 3 \text{ nC/m}^2$ e $\sigma_2 = -8 \text{ nC/m}^2$. Un elettrone le attraversa perpendicolarmente (si trascuri la deviazione subita dall'elettrone). L'elettrone oltrepassa la superficie carica negativamente con velocità $v_1 = 1.0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. Determina il tempo impiegato per l'attraversamento e la velocità finale.
25. Una carica $Q = 2 \text{ nC}$ è distribuita in una sfera cava nella regione di spazio compresa tra la superficie sferica interna, di raggio $R_1 = 2 \text{ cm}$, e quella esterna, di raggio $R_2 = 3 \text{ cm}$. Lo spazio interno alla sfera interna è invece privo di carica. Determina, la densità di carica volumica e intensità, direzione e verso del campo elettrico nei punti: $R_a = 1 \text{ cm}$, $R_b = 2.5 \text{ cm}$ e $R_c = 4 \text{ cm}$. Determina infine un grafico quanto più possibile quantitativo del campo elettrico in tutto lo spazio.
26. Tre gusci sferici concentrici carichi hanno raggi 10 cm , 15 cm e 20 cm . La carica sul guscio più interno è di 40 nC , quella sul guscio intermedio è -20 nC e quella del guscio esterno è di 20 nC . Calcola il campo elettrico alla distanza $R_A = 2 \text{ cm}$, alla distanza $R_B = 12 \text{ cm}$ e alla distanza $R_C = 18 \text{ cm}$ dal centro.
27. Un guscio cilindrico, di raggio interno $R_1 = 5.8 \text{ cm}$ e raggio esterno $R_2 = 8.5 \text{ cm}$ ha una densità volumica di carica uniforme $\rho = 3.9 \text{ } \mu\text{C/m}^3$. Calcola il modulo del campo elettrico nel punto P che dista $d_1 = 4.2 \text{ cm}$, $d_2 = 7.8 \text{ cm}$ e $d_3 = 12.7 \text{ cm}$ dall'asse del guscio.

cilindrico. Determina infine un grafico quanto più possibile quantitativo del campo elettrico in tutto lo spazio.

28. Tre piani infiniti paralleli A, B e C sono uniformemente carichi. Il piano B si trova 1 m alla destra del piano A, il piano C si trova 1 m alla destra del piano B. Le densità superficiali di carica valgono $\sigma_A = 1 \text{ mC/m}$, $\sigma_B = -4 \text{ mC/m}$ e $\sigma_C = -1 \text{ mC/m}$. Determina il campo elettrico in tutto lo spazio.
29. Due distribuzioni lineari di carica sono disposte parallelamente a distanza $d = 2.0 \text{ m}$ l'una dall'altra. Le due densità lineari di carica sono, rispettivamente, $\lambda_1 = 6 \text{ mC/m}$ e $\lambda_2 = 2 \text{ mC/m}$. Calcola il modulo del campo elettrico nel punto P equidistante tra i due fili. Quali sono direzione e verso del campo elettrico? In quali punti è nullo il campo elettrico totale?
30. Tre superfici cilindriche concentriche cariche hanno raggi 10 cm, 15 cm e 20 cm. La densità di carica sulla superficie più interna è di -40 nC/m^2 , quella sulla superficie intermedia è $+10 \text{ nC/m}^2$ e quella sulla superficie esterna è di $+20 \text{ nC/m}^2$. Calcola il campo elettrico alla distanza $R_1 = 2 \text{ cm}$, alla distanza $R_2 = 12 \text{ cm}$ e alla distanza $R_3 = 18 \text{ cm}$ dal centro.
31. Una carica $Q = 3.2 \text{ nC}$ è distribuita uniformemente all'interno di una sfera di raggio $R = 5 \text{ cm}$ e di centro O. In un punto P all'interno della sfera il modulo del campo elettrico è $E = 18 \text{ kN/C}$. Determina la distanza di P dal centro della sfera. Una carica puntiforme q è posta a distanza $d_{AO} = 15.0 \text{ cm}$ dal centro O della sfera in un punto A. In un punto B del segmento AO, a distanza $d_{BO} = 1.5 \text{ cm}$ da O, il campo elettrico è nullo. Calcola il valore di q .

1. Quattro cariche $Q_A = 2 \mu\text{C}$, $Q_B = 5 \mu\text{C}$, $Q_C = -10 \mu\text{C}$ e $Q_D = 3 \mu\text{C}$ sono disposte ai vertici di un quadrilatero come in figura. Determina la differenza di potenziale fra i punti O_2 e O_1 .



2. Una distribuzione piana infinita di carica elettrica nel vuoto ha una densità superficiale di carica di $4.5 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Due superfici equipotenziali del campo generato da questa distribuzione di carica presentano una differenza di potenziale di 450 V. Calcola la distanza tra le due superfici.
3. Una carica $q = +2.4 \mu\text{C}$ si sposta in un campo elettrico di intensità $E = 4.0 \text{ N/C}$, seguendo la direzione e il verso del campo elettrico. La differenza fra i valori del potenziale nella posizione finale e in quella iniziale è $V_f - V_i = -0.3 \text{ V}$. Calcola il lavoro fatto sulla carica dalla forza elettrica e l'entità dello spostamento subito dalla carica.
4. Una carica $q = +2.4 \mu\text{C}$ si sposta in un campo elettrico di intensità $E = 4.0 \text{ N/C}$, seguendo la direzione e il verso del campo elettrico. La differenza fra i valori del potenziale nella posizione finale e in quella iniziale è $V_f - V_i = -0.3 \text{ V}$. Calcola il lavoro fatto sulla carica dalla forza elettrica e l'entità dello spostamento subito dalla carica.
5. Un elettrone, inizialmente fermo, viene posto in una zona di spazio in cui è presente un campo elettrico costante di 1000 V/m diretto verso l'alto. Calcolare:
 - a. la forza agente sull'elettrone; (R: 0.16 fN)
 - b. la velocità e l'energia cinetica dell'elettrone dopo che ha percorso 5 cm ; (R: $4.2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; $8 \cdot 10^{-18} \text{ J}$)
 - c. il tempo impiegato a percorrere i 5 cm . (R: 23.8 ns)
6. Un elettrone entra con velocità $V_0 = 0.5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ con un angolo di 30° rispetto l'orizzontale in una regione di spazio in cui è presente un campo elettrico uniforme $E = 100000 \text{ N/C}$ diretto verso l'alto. Calcolare:
 - d. l'altezza massima a cui giunge l'elettrone rispetto alla sua quota iniziale; (R: 0.178 mm)
 - e. la distanza a cui l'elettrone torna alla sua quota iniziale. (R: 1.23 mm)

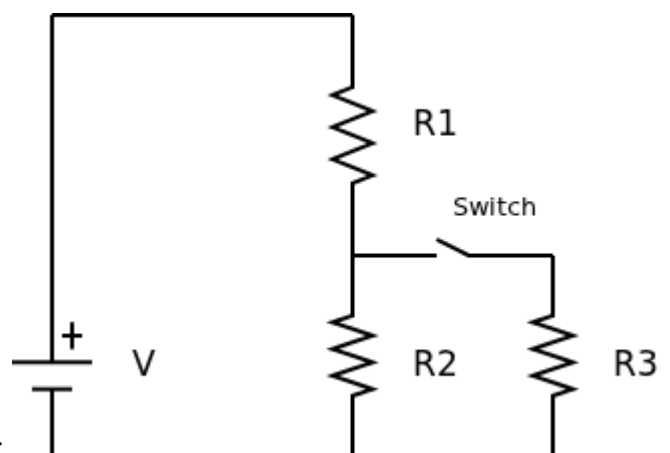
7. Un elettrone entra a metà strada tra le armature di un condensatore piano distanti 10 cm tra loro, con velocità di 10^6 m/s parallela alle armature stesse. L'elettrone urta contro l'armatura carica positivamente alla distanza di 20 cm dal bordo. Calcolare la differenza di potenziale tra le armature e l'energia cinetica dell'elettrone nell'istante dell'urto. (R: 1.42 V; $5.7 \cdot 10^{19}$ J)
8. Due piastre cariche piane e parallele distano tra loro 2 cm. Il campo elettrico tra le piastre, uniforme e diretto verso il basso, vale $E = 1000$ N/C. La lunghezza delle piastre è di 5 cm. Se un protone viene immesso con velocità V perpendicolare alle linee di forza del campo e in prossimità dell'estremità superiore sinistra del sistema formato dalle due piastre (quella positiva), determina il valore minimo di V che consenta al protone di uscire dal campo elettrico. (R: $7.74 \cdot 10^4$ m/s)
9. Un protone possiede una velocità iniziale di 400000 m/s. Determina: quale differenza di potenziale è necessaria per fermarlo; (R: 840 V) quale differenza di potenziale è necessaria per ridurre la velocità iniziale del protone di un fattore 2; (R: 630 V) quale differenza di potenziale è necessaria per ridurre l'energia cinetica iniziale del protone di un fattore 2; (R: 420 V)
10. Tre sfere conduttrici, di raggi $r_1 = 4$ cm, $r_2 = 8$ cm e $r_3 = 13$ cm hanno cariche elettriche $q_1 = 1.4$ nC, $q_2 = -2.8$ nC e $q_3 = 5.6$ nC. Le tre sfere vengono messe a contatto con lunghi fili sottili di capacità trascurabile e poi separate nuovamente.

Determina il potenziale delle tre sfere collegate.

Determina la carica presente sulle tre sfere.

Determina la capacità del sistema costituito dalle tre sfere collegate tra loro.

11. Nel circuito di figura $V = 10$ V, $R_1 = R$, $R_2 = 2R$ e $R_3 = R$.



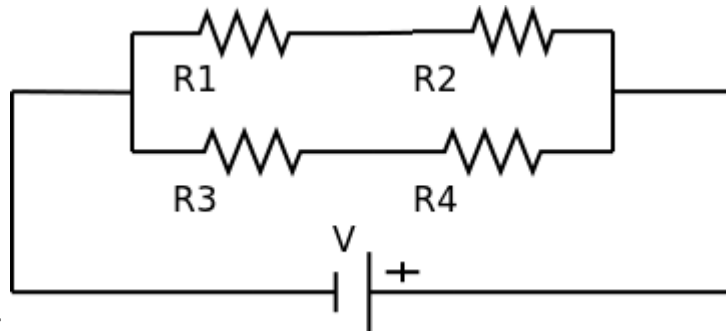
Determina se l'interruttore Switch è aperto:

1. la corrente erogata dal generatore. (R: $10/3R$)
2. la d.d.p. sulle resistenze (R: $V_1 = 10/3$ V, $V_2 = 20/3$ V)
3. la potenza erogata dal generatore (R: $P_{\text{erog}} = 100/3R$)
4. la potenza dissipata sulle resistenze (R: $P_1 = 100/9R$, $P_2 = 200/9R$)

Ripeti tutti i calcoli considerando ora l'interruttore Switch chiuso. (R: $I = 6/R$, $V_1 = 6$ V, $V_2 = 4$ V, $P_{\text{erog}} = 16/R$)

12. Un filo di ottone ($\rho = 8.6 \cdot 10^{-8} \Omega m$) è lungo 30 m e ha un diametro di 2 mm.
Determina la corrente che attraversa il filo se è soggetto ad una d.d.p. di V volt. (R:
 $I = 0.821 \cdot V$)

13. Nel circuito di figura $V = 10 \text{ V}$, $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, $R_3 = R$ e $R_4 = R/2$.

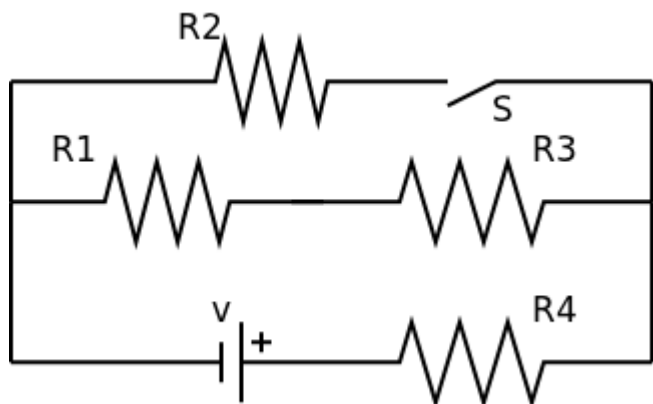


Determina:

- La corrente erogata dal generatore (R: $I = 10/R$)
- Le correnti in ogni resistenza (R: $I_{12} = 10R/3$, $I_{34} = 20R/3$)
- le d.d.p. ai capi di ogni resistenza (R: $V_1 = 10/3 \text{ V}$, $V_2 = 20/3 \text{ V}$, $V_3 = 20/3 \text{ V}$, $V_4 = 10/3 \text{ V}$)
- La potenza erogata dal generatore ($P_{\text{erog}} = 100/R$)
- La potenza dissipata da ogni resistenza ($P_1 = 100/9R$, $P_2 = 200/9R$, $P_3 = 400/9R$, $P_4 = 200/9R$)

14. Sulla targhetta di un tostapane è scritto: 220 V, 1500 W. Quanto costa preparare N toast se 1 kWh è circa 15 centesimi di euro e se per cuocerlo ci vogliono 5 minuti? (R: 18.75 euro)

15. Nel circuito di figura $V = 10 \text{ V}$, $R_1 = R$, $R_2 = R$, $R_3 = 3R$ e $R_4 = 2R$.



Determina se l'interruttore S è aperto:

- la corrente erogata dal generatore (R: $I = 10/6R$)
- la d.d.p. sulle resistenze (R: $V_1 = 10/6 \text{ V}$, $V_3 = 10/2 \text{ V}$, $V_4 = 1/3 \text{ V}$)
- la potenza erogata dal generatore (R: $P_{\text{erog}} = 100/6R$)
- la potenza dissipata sulle resistenze ($P_1 = 100/36R$, $P_3 = 300/36R$, $P_4 = 200/36R$)
- Ripeti tutti i calcoli considerando ora l'interruttore S chiuso. (R: $I = 25/7R$, $V_4 = 50/7 \text{ V}$, $P_1 = 25/49R$, $P_2 = 400/49R$, $P_3 = 125/147R$, $P_4 = 250/98R$)

16. Un filo di ferro ($\rho = 9.7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$) consente il passaggio di 2 A quando è soggetto ad una tensione di V volts. Se il filo è lungo 10 m e determina il diametro del filo. (R: $D = \sqrt[6]{2.27 \cdot 10^{-6} V}$)

17. Uno scaldabagno elettrico ha una capacità di 80 l e la resistenza riscaldatrice è da 2000 W a 220 V. Determina, se il suo rendimento è del 70%, il tempo necessario per riscaldare 80 l d'acqua da 15°C a 60°C. (R: circa 3 ore)

18. La resistenza totale di un circuito è R. In esso vi sono tre resistenze in serie: la seconda è tripla della prima e la terza è doppia della seconda. Determina il valore delle tre resistenze. (R: $R/10$)

1. Due violinisti, uno dietro l'altro, suonano per un ascoltatore che si trova di fronte a loro. Entrambi i violinisti suonano un LA a 440 Hz. Qual è la minima distanza fra i violinisti che produrrà interferenza distruttiva per l'ascoltatore?
2. Due sorgenti di onde superficiali vibrano con la stessa frequenza di 30 Hz ma sfasate di un semiperiodo. Stabilire se i punti A e B sono di interferenza distruttiva o costruttiva, sapendo che la velocità con cui si propagano le onde vale 60 cm/s.
3. Due onde della stessa lunghezza d'onda percorrono rispettivamente i cammini $d_1 = 20$ cm e $d_2 = 38$ cm dalle loro sorgenti prima di interferire costruttivamente in un punto; calcola quale può essere la massima lunghezza d'onda. (R: 18 cm)
4. Due onde di lunghezza d'onda di 48 cm interferiscono distruttivamente in corrispondenza di una differenza di cammino di 1.2 m. Calcola l'ordine di interferenza.
5. Due sorgenti sonore monocromatiche A e B, che si trovano fra loro ad una distanza $d = 2.40$ m, emettono, sfasate di $T/2$, un suono puro ad una certa frequenza $f = 858$ Hz. Un osservatore O si trova di fronte alla sorgente A e perpendicolarmente alla distanza AB, ad una distanza $L = 3.20$ m. Determina se si trova in un punto di interferenza costruttiva o distruttiva spiegandone la ragione.
6. L'antifurto di una casa emette un suono di frequenza 1 kHz. Un poliziotto, avvicinandosi in auto all'edificio, sente che la frequenza è cambiata di 100 Hz. Calcola la velocità del poliziotto.
7. Un'automobile si avvicina a un muro con una velocità di 61 km/h. Il suo clacson emette onde sonore di 200 Hz. Le onde si riflettono sul muro, per cui quest'ultimo agisce da sorgente di onde sonore. Trova con quale frequenza il guidatore ode il suono riflesso dalla parete.
8. Una evoluzione dell'ecografo consente di misurare lo spostamento in frequenza dell'onda quando la riflessione avviene su parti in movimento, come per esempio i globuli rossi nel sangue. È così possibile misurare e visualizzare la velocità di scorrimento del sangue nelle vene e nelle arterie, e identificare anomalie come ostruzioni (trombi) o dilatazioni (aneurismi) oppure verificare il funzionamento delle valvole cardiache. Supponi che la frequenza emessa sia 12 MHz e che il

battimento osservato tra l'onda trasmessa e quella riflessa sia 1.8 kHz. Determina la velocità del flusso di sangue misurato.

9. Una sorgente che emette onde sonore a 200 Hz si muove, a velocità di 80 m/s rispetto all'aria calma, verso un ascoltatore fermo. Determina la frequenza udita dall'ascoltatore.
10. Il Do centrale ha una frequenza $f = 261.6$ Hz. In un concerto all'aperto si supponda spiri un vento di velocità 6 m/s diretto dal palco verso il pubblico. Quale variazione di frequenza del Do viene percepita dagli ascoltatori?
11. La sirena dell'antifurto di una casa ferma emette un suono di frequenza 5 kHz. Un motociclista prima si avvicina e poi si allontana dalla sirena alla velocità di 108 km/h. Calcolare le due frequenze del suono percepite dal motociclista e la loro variazione percentuale, sia in fase di avvicinamento che in fase di allontanamento. Si assuma come velocità del suono rispetto all'aria 340 m/s.
12. Un sommergibile in quiete rispetto al mare emette un ultrasuono alla frequenza $f_s = 20$ kHz verso un secondo sottomarino che si sta allontanando a velocità v . Sapendo che la velocità di propagazione degli ultrasuoni in acqua è $v = 1500$ m/s e il sottomarino in fuga registra un impulso di frequenza $f_R = 19$ kHz, determina:
 - a. la velocità di allontanamento v ;
 - b. la frequenza f_{eco} dell'eco che ritorna al sottomarino in quiete;
 - c. a quale velocità v_0 dovrebbe allontanarsi il sommergibile in fuga affinché la frequenza dell'eco giunga al sottomarino in quiete dimezzata rispetto all'impulso emesso.
13. Un pipistrello emette stridii di 52 kHz. Se esso vola verso una civetta ferma alla velocità di 10 m/s, qual è la frequenza del suono percepito dalla civetta? Se la civetta riflette il suono del pipistrello qual è la frequenza di tale suono riflesso percepito dal pipistrello? Se infine la civetta vola verso il pipistrello alla velocità di 20 m/s qual è la frequenza del suono riflesso percepito dal pipistrello? Assumere la velocità del suono rispetto all'aria pari a 340 m/s.
14. Un'automobile che viaggia a 18 m/s suona il clacson, che emette un suono di frequenza 550 Hz. Un ciclista, che percorre la pista ciclabile a una velocità di 7,2 m/s, si avvicina all'automobile. Trova qual è la frequenza udita dal ciclista.

15. La sirena di un aliscafo che viaggia alla velocità di $31,8 \text{ m/s}$ emette un suono avente una lunghezza d'onda di $2,5 \text{ m}$. Sapendo che la velocità del suono è di 340 m/s , quale frequenza è sentita da un ascoltatore che si trova vicino all'imbarcadero? Se l'ascoltatore fa suonare una sirena identica a quella dell'aliscafo, quale frequenza, emessa da questa sirena, sarà sentita da un passeggero sull'aliscafo?