VERIFICA

Verifica di fine parte · L'ottica geometrica

Tempo indicativo: 100 minuti · Punteggio totale: 100 punti

Fisica 2 · Parte V · L'ottica geometrica · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte · L'ottica geometrica · pagine 421–426 del volume completo · estratto per lo studio

La verifica riguarda i capitoli 14–16. È ammessa la calcolatrice scientifica, in modalità gradi. 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. Gli angoli si misurano sempre dalla normale. Per specchi e lenti usa la convenzione dei segni del libro: $p > 0$ per un oggetto reale; $q > 0$ per un'immagine reale, $q < 0$ per un'immagine virtuale; $f > 0$ per specchi concavi e lenti convergenti, $f < 0$ per specchi convessi e lenti divergenti; $G = -q/p$. Dove non è indicato diversamente usa $c = 3{,}00 \times 10^8$ m/s e considera l'indice di rifrazione dell'aria uguale a 1.

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

1. ● Un raggio di luce forma un angolo di 20° con la superficie di uno specchio piano. L'angolo di riflessione è:
   - **A.** 20°
   - **B.** 70°
   - **C.** 40°
   - **D.** 140°

2. ● Uno specchio convesso ha raggio di curvatura 60 cm. Con la convenzione dei segni del libro, la sua distanza focale è:
   - **A.** +30 cm
   - **B.** +60 cm
   - **C.** −30 cm
   - **D.** −60 cm

3. ●● Un oggetto è a 15 cm da uno specchio concavo con distanza focale 10 cm. L'immagine è:
   - **A.** virtuale e diritta, dietro lo specchio
   - **B.** reale, capovolta e rimpicciolita, a 7,5 cm dallo specchio
   - **C.** virtuale e ingrandita, a 30 cm dietro lo specchio
   - **D.** reale, capovolta e ingrandita, a 30 cm davanti allo specchio

4. ● In un vetro con indice di rifrazione 1,50 la luce viaggia a:
   - **A.** $2{,}00 \times 10^8$ m/s
   - **B.** $4{,}50 \times 10^8$ m/s
   - **C.** $3{,}00 \times 10^8$ m/s
   - **D.** $1{,}50 \times 10^8$ m/s

5. ●● Un raggio passa dall'aria all'acqua ($n = 1{,}33$) con un angolo di incidenza di 40°. L'angolo di rifrazione è circa:
   A. 40°
   B. 28,9°
   C. 58,8°
   D. 53,2°

6. ● La riflessione totale può avvenire quando la luce passa:
   A. dall'aria al vetro
   B. da qualunque mezzo a qualunque altro, se l'angolo è grande
   C. da un mezzo con indice maggiore a uno con indice minore
   D. solo dal vuoto all'aria

7. ● Quando la luce bianca attraversa un prisma di vetro, il colore deviato di più è:
   A. il rosso
   B. il giallo
   C. il verde
   D. il violetto

8. ● Il potere diottrico di una lente con distanza focale −40 cm è:
   A. −2,5 D
   B. +2,5 D
   C. −0,025 D
   D. −40 D

9. ●● Un oggetto è a 30 cm da una lente convergente con distanza focale 20 cm. L'immagine si forma:
   A. a 12 cm, dalla stessa parte dell'oggetto, virtuale
   B. a 60 cm, dalla parte opposta, reale, capovolta e ingrandita due volte
   C. a 60 cm, dalla stessa parte dell'oggetto, diritta
   D. nel fuoco, puntiforme

10. ●● Per correggere la miopia si usa:
    A. una lente convergente, con potere positivo
    B. uno specchio concavo
    C. una lente divergente, con potere negativo
    D. una lente convergente per la sola visione da vicino

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

11. ●● Chiara è alta 1,62 m e i suoi occhi sono a 1,50 m dal pavimento; è in piedi a 2,0 m da uno specchio piano verticale. a) Qual è l'altezza minima dello specchio in cui può vedersi per intero (2 punti)? b) A che altezza dal pavimento deve trovarsi il bordo inferiore dello specchio (2 punti)? c) Quanto dista Chiara dalla propria immagine (2 punti)?

12. ●● Uno specchio da trucco concavo ha distanza focale 24 cm; Sara vi avvicina il viso a 12 cm dal vertice. a) Quanto vale il raggio di curvatura dello specchio (2 punti)? b) Dove si forma l'immagine del viso (2 punti)? c) Calcola l'ingrandimento e descrivi l'immagine (2 punti).

13. ●● Un raggio laser parte dal fondo di un acquario (acqua, $n = 1{,}33$) e incontra la superficie libera. a) Se l'angolo di incidenza è 30°, con quale angolo esce nell'aria (2 punti)? b) Calcola l'angolo limite acqua–aria (2 punti). c) Che cosa succede se l'angolo di incidenza è 55°? Giustifica (2 punti).

14. ●● Una fibra ottica ha il nucleo di vetro con indice di rifrazione 1,52 ed è lunga 10,0 km. a) Con quale velocità si propaga la luce nel nucleo (2 punti)? b) Quanto tempo impiega un impulso a percorrere la fibra, supponendo che viaggi lungo l'asse (2 punti)? c) Di quanto arriva in ritardo rispetto a un segnale che percorresse la stessa distanza nel vuoto (2 punti)?

15. ●● Un oggetto alto 6,0 cm è posto a 30 cm da una lente divergente con distanza focale −15 cm. a) Calcola la posizione dell'immagine (2 punti). b) Calcola l'ingrandimento e l'altezza dell'immagine (2 punti). c) Descrivi l'immagine e spiega perché non si può raccogliere su uno schermo (2 punti).

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

16. ●● **(15 punti)** Una lente convergente ha un potere di +10 D. a) Calcola la sua distanza focale (2 punti). b) Un oggetto è posto a 30 cm dalla lente: calcola la posizione dell'immagine e l'ingrandimento, e descrivi l'immagine (4 punti). c) L'oggetto viene avvicinato a 6,0 cm dalla lente: calcola di nuovo posizione e ingrandimento, e descrivi l'immagine (4 punti). d) Usata come lente d'ingrandimento, con l'immagine all'infinito, quanto ingrandisce (2 punti)? e) Alla lente se ne accosta un'altra, divergente, di −4,0 D. Dove si forma ora l'immagine dell'oggetto posto a 30 cm (3 punti)?

17. ●●● **(20 punti)** Un piccolo cannocchiale kepleriano ha un obiettivo con distanza focale 80 cm e un oculare con distanza focale 2,5 cm. a) Calcola l'ingrandimento angolare e la lunghezza dello strumento (4 punti). b) Lo strumento è puntato verso la Luna (diametro $3{,}47 \times 10^6$ m, distanza $3{,}84 \times 10^8$ m). L'obiettivo ne forma un'immagine reale nel suo fuoco: usando i raggi che passano per il centro dell'obiettivo e i triangoli simili, calcola il diametro di quest'immagine (4 punti). c) Per accorciare lo strumento si ripiega il percorso della luce con un prisma di vetro ($n = 1{,}52$), sulla cui faccia interna la luce incide a 45°. Calcola l'angolo limite del vetro e spiega perché la faccia si comporta come uno specchio perfetto (4 punti). d) Se il prisma fosse di una plastica con $n = 1{,}38$, funzionerebbe ancora? Giustifica con un calcolo (4 punti). e) Con lo stesso obiettivo e un oculare divergente di distanza focale −2,5 cm si ottiene un cannocchiale galileiano: quanto è lungo, e com'è l'immagine rispetto a quella del cannocchiale kepleriano (4 punti)?

18. ●● **(15 punti)** Una lampada subacquea, piccola, è sul fondo di una piscina profonda 2,0 m (acqua, $n = 1{,}33$). a) Calcola l'angolo limite per la luce che va dall'acqua all'aria (3 punti). b) Dalla superficie esce luce solo da un cerchio che ha il centro sopra la lampada. Spiega perché e calcolane il raggio (4 punti). c) Un raggio della lampada incontra la superficie con un angolo di incidenza di 40°: con quale angolo esce nell'aria (3 punti)? d) Un nuotatore, guardando dall'alto quasi in verticale, a che profondità vede la lampada (3 punti)? e) Quanto tempo impiega la luce a salire in verticale dalla lampada alla superficie (2 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 (15), problema 17 (20), problema 18 (15)	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). L'angolo di incidenza si misura dalla normale: $\theta_i = 90° - 20° = 70°$, e $\theta_r = \theta_i = 70°$.

2. C (2 punti). $|f| = R/2 = 30$ cm; per uno specchio convesso $f < 0$: $f = -30$ cm.

3. D (2 punti). $1/q = 1/(10\text{ cm}) - 1/(15\text{ cm}) = 1/(30\text{ cm})$, $q = +30$ cm; $G = -30/15 = -2$: immagine reale, capovolta, ingrandita, davanti allo specchio (oggetto fra F e C).

4. A (2 punti). $v = c/n = 3{,}00 \times 10^8$ m/s / 1,50 = $2{,}00 \times 10^8$ m/s.

5. B (2 punti). sen θ_2 = sen 40° / 1,33 ≈ 0,483, $\theta_2 \approx 28{,}9°$: entrando nell'acqua il raggio si avvicina alla normale.

6. C (2 punti). La riflessione totale richiede $n_1 > n_2$ e un angolo di incidenza maggiore dell'angolo limite.

7. D (2 punti). L'indice di rifrazione del vetro è maggiore per il violetto che per il rosso: il violetto è il più deviato.

8. A (2 punti). $D = 1/f = 1/(-0{,}40\text{ m}) = -2{,}5$ D.

9. B (2 punti). $1/q = 1/(20\text{ cm}) - 1/(30\text{ cm}) = 1/(60\text{ cm})$, $q = +60$ cm; $G = -60/30 = -2$.

10. C (2 punti). L'occhio miope è troppo convergente: serve una lente divergente, con potere diottrico negativo.

11. a) Il bordo inferiore deve stare a metà fra piedi e occhi, quello superiore a metà fra occhi e testa: l'altezza minima è metà dell'altezza di Chiara, 1,62 m / 2 = 0,81 m (2 punti). b) Bordo inferiore a 1,50 m / 2 = 0,75 m dal pavimento (2 punti). c) L'immagine è 2,0 m dietro lo specchio: la distanza fra Chiara e l'immagine è 2,0 m + 2,0 m = 4,0 m (2 punti).

12. a) $R = 2f = 48$ cm (2 punti). b) $1/q = 1/(24\text{ cm}) - 1/(12\text{ cm}) = -1/(24\text{ cm})$, $q = -24$ cm: immagine 24 cm dietro lo specchio (2 punti). c) $G = -(-24)/12 = +2{,}0$: immagine virtuale, diritta, ingrandita due volte (2 punti).

13. a) n_1 sen $\theta_1 = n_2$ sen θ_2: sen $\theta_2 = 1{,}33 \times$ sen 30° = 0,665, $\theta_2 \approx 41{,}7°$ (2 punti). b) sen $\theta_L = 1/1{,}33 \approx 0{,}752$, $\theta_L \approx 48{,}8°$ (2 punti). c) 55° > 48,8°: la luce non esce dall'acqua, ma viene riflessa totalmente verso il fondo (infatti 1,33 × sen 55° ≈ 1,09 > 1, e nessun angolo nell'aria soddisfa la legge di Snell) (2 punti).

14. a) $v = c/n = 3{,}00 \times 10^8$ m/s / 1,52 ≈ $1{,}97 \times 10^8$ m/s (2 punti). b) $\Delta t = s/v = 1{,}00 \times 10^4$ m / $1{,}97 \times 10^8$ m/s ≈ $5{,}07 \times 10^{-5}$ s (2 punti). c) Nel vuoto $\Delta t = 1{,}00 \times 10^4$ m / $3{,}00 \times 10^8$ m/s ≈ $3{,}33 \times 10^{-5}$ s; ritardo ≈ $1{,}73 \times 10^{-5}$ s, circa 17 µs (2 punti).

15. a) $1/q = 1/f - 1/p = -1/(15\text{ cm}) - 1/(30\text{ cm}) = -3/(30\text{ cm})$, $q = -10$ cm (2 punti). b) $G = -(-10)/30 \approx +0{,}33$; $h' = 0{,}33 \times 6{,}0\text{ cm} = 2{,}0$ cm (2 punti). c) Immagine virtuale (10 cm dalla lente, dalla parte dell'oggetto), diritta, rimpicciolita. È formata dai prolungamenti dei raggi, che divergono dopo la lente: nel punto in cui si trova l'immagine non arriva luce, e uno schermo non mostrerebbe nulla (2 punti).

16. a) $f = 1/D = 1/(10\text{ m}^{-1}) = 0{,}10$ m = 10 cm (2 punti). b) $1/q = 1/(10\text{ cm}) - 1/(30\text{ cm}) = 2/(30\text{ cm})$, $q = +15$ cm (2 punti); $G = -15/30 = -0{,}50$: immagine reale, dalla parte opposta all'oggetto, capovolta, rimpicciolita (2 punti). c) $1/q = 1/(10\text{ cm}) - 1/(6{,}0\text{ cm}) = -1/(15\text{ cm})$, $q = -15$ cm (2 punti); $G = -(-15)/6{,}0 = +2{,}5$: immagine virtuale, dalla parte dell'oggetto, diritta, ingrandita (2 punti). d) $G_a = 25\text{ cm} / 10\text{ cm} = 2{,}5$ (2 punti). e) Lenti a contatto: $D = +10\text{ D} - 4{,}0\text{ D} = +6{,}0$ D, $f \approx 0{,}167$ m (1 punto); $1/q = 6{,}0\text{ m}^{-1} - 1/(0{,}30\text{ m}) = 2{,}67\text{ m}^{-1}$, $q \approx 0{,}375\text{ m} \approx 38$ cm, reale (2 punti).

17. a) $G_a = f_{ob}/f_{oc} = 80\text{ cm} / 2{,}5\text{ cm} = 32$ (2 punti); lunghezza $f_{ob} + f_{oc} = 82{,}5\text{ cm} \approx 83$ cm (2 punti). b) La Luna è così lontana che l'immagine si forma nel fuoco, a 0,80 m dall'obiettivo (1 punto). I raggi per il centro ottico dai due bordi della Luna formano due triangoli simili, come nella camera oscura: $d' = 0{,}80\text{ m} \times 3{,}47 \times 10^6\text{ m} / 3{,}84 \times 10^8\text{ m} \approx 7{,}2 \times 10^{-3}\text{ m} = 7{,}2$ mm (3 punti). c) sen $\theta_L = 1/1{,}52 \approx 0{,}658$, $\theta_L \approx 41{,}1°$ (2 punti). La luce va dal vetro (indice maggiore) all'aria

e incide a 45° > 41,1°: subisce riflessione totale, cioè viene riflessa per intero, senza le perdite di uno specchio metallico (2 punti). d) sen $\theta_L = 1/1{,}38 \approx 0{,}725$, $\theta_L \approx 46{,}4°$ (2 punti). Ora 45° < 46,4°: non c'è riflessione totale, parte della luce esce dalla faccia e il prisma non funziona (2 punti). e) Lunghezza $f_{ob} - |f_{oc}| = 80\text{ cm} - 2{,}5\text{ cm} = 77{,}5\text{ cm} \approx 78\text{ cm}$ (2 punti); l'ingrandimento resta 32 e l'immagine è diritta, mentre nel kepleriano è capovolta (2 punti).

18. a) sen $\theta_L = 1/1{,}33 \approx 0{,}752$, $\theta_L \approx 48{,}8°$ (3 punti). b) I raggi che incontrano la superficie con un angolo di incidenza maggiore di θ_L vengono riflessi totalmente; escono solo quelli che la incontrano entro un cerchio il cui bordo è raggiunto con angolo θ_L (2 punti). Nel triangolo rettangolo con cateto verticale $h = 2{,}0\text{ m}$, $r = h \tan \theta_L = 2{,}0\text{ m} \times \tan 48{,}8° \approx 2{,}3\text{ m}$ (2 punti). c) sen $\theta_2 = 1{,}33 \times \text{sen } 40° \approx 0{,}855$, $\theta_2 \approx 58{,}7°$ (3 punti). d) $h_{app} = h/n = 2{,}0\text{ m} / 1{,}33 \approx 1{,}5\text{ m}$ (3 punti). e) $v = c/n \approx 2{,}26 \times 10^8\text{ m/s}$; $\Delta t = 2{,}0\text{ m} / 2{,}26 \times 10^8\text{ m/s} \approx 8{,}9 \times 10^{-9}\text{ s}$ (2 punti).