



# XXI Campionati Italiani di Astronomia

Finale Nazionale - 19 aprile 2023

Prova Pratica - Categoria Senior

## 1. Tutte le stelle in fila

La tabella A riporta i dati della temperatura ( $T$ ) della fotosfera e della magnitudine assoluta ( $M$ ) di alcune stelle.

La tabella B riporta un elenco di stelle di cui sono note solo due tra le seguenti grandezze: temperatura della fotosfera ( $T$ ), magnitudine apparente ( $m$ ), distanza in parsec ( $D$ ), magnitudine assoluta ( $M$ ).

- 1) Inserite nella figura 1 le stelle elencate in tabella A, riportando in ascissa il logaritmo del rapporto tra la temperatura della fotosfera della stella e quella del Sole, in ordinata la differenza tra la magnitudine assoluta della stella e quella del Sole, e disegnate la curva che meglio interpola i dati.
- 2) Come viene denominata la regione del diagramma H-R su cui si dispongono le stelle della tabella A (scegliete solo una delle opzioni proposte, inserendo una "X" nella colonna a destra nel riquadro sotto la figura 1)?
- 3) Completate i dati per le stelle della tabella B ponendole, tramite interpolazione o estrapolazione, sulla curva ottenuta al punto 1 e svolgendo gli opportuni calcoli.
- 4) Utilizzando la relazione che lega luminosità, temperatura e raggio di una stella, tracciate in figura 1 le linee corrispondenti a stelle aventi un raggio pari a 0.2 raggi solari, 1 raggio solare e 5 raggi solari.
- 5) Utilizzando le relazioni ottenute al punto 4, stimate la temperatura della fotosfera di due stelle, del ramo del diagramma H-R indicato al punto 2, i cui raggi sono rispettivamente 0.2 raggi solari e 5 raggi solari.

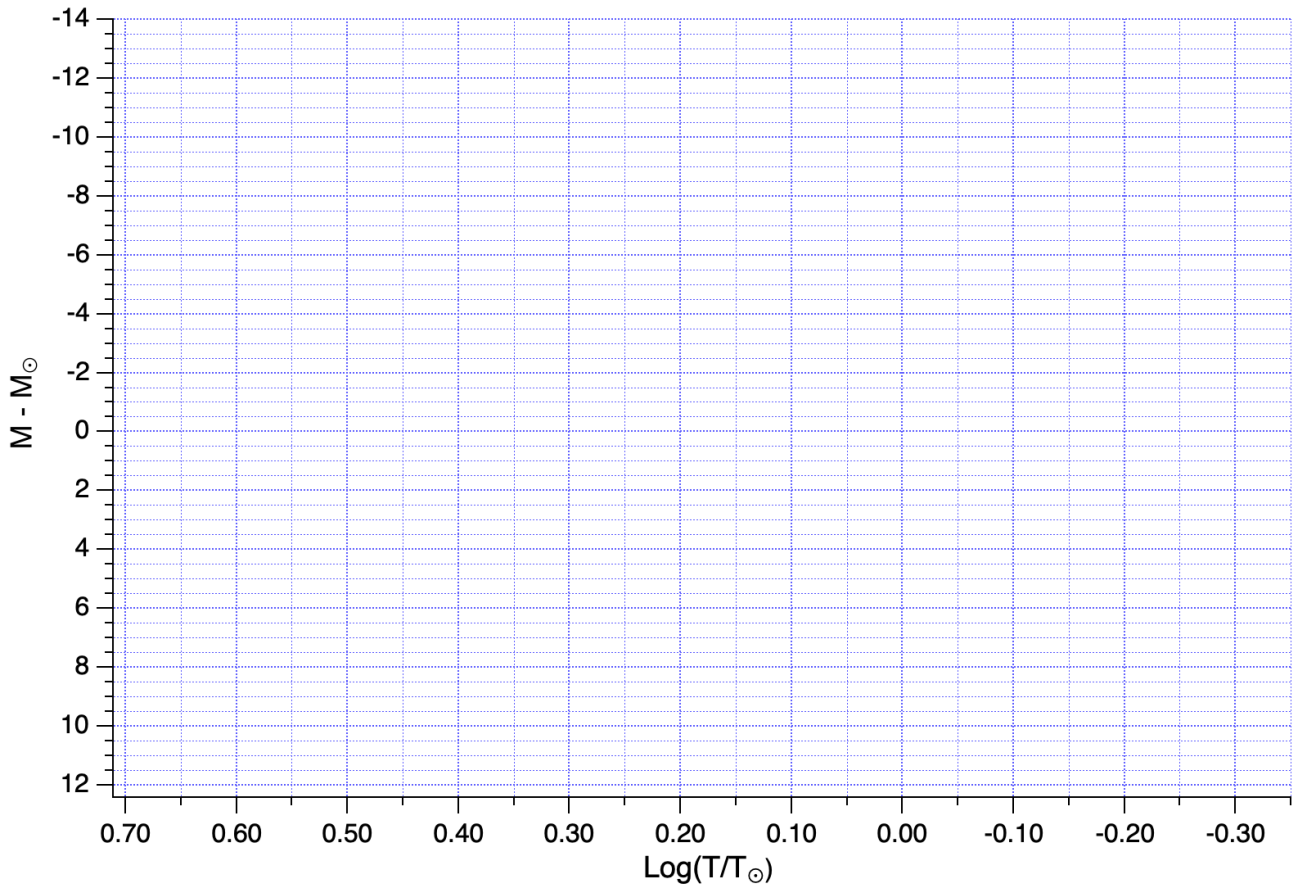
Tabella A

Stella	T (K)	M
Spica A	21000	-6.11
Achernar	12000	-1.72
Prozione A	7740	+2.63
Altair	8450	+2.09
Sole	5778	+4.83
$\alpha$ Centauri B	5300	+5.64
61 Cygni A	4077	+6.95
Gliese 725 A	3440	+7.81
Proxima Centauri	2990	+13.8

Tabella B

Stella	T (K)	m	D (pc)	M
$\beta$ Centauri B	25000		111	
Bellatrix		-0.51	73.6	
Vega	9660	-0.22		
Sirio A			2.64	+1.43
$\alpha$ Centauri A	5890	+0.00		
Stella di Barnard		+8.12		+11.8
Wolf 359		+11.4	2.39	

Figura 1 – Diagramma HR

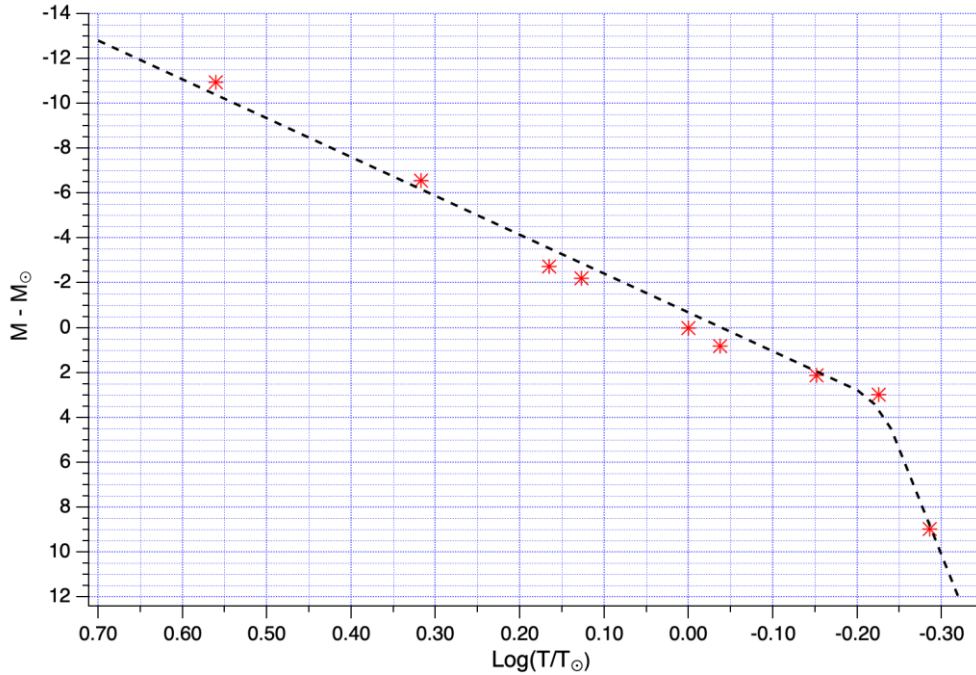


Regione del diagramma H-R su cui si dispongono le stelle della tabella A

Ramo delle giganti	
Ramo orizzontale	
Sequenza principale	
Sequenza delle nane bianche	

Soluzione

1)



2)

Ramo delle giganti	
Ramo orizzontale	
Sequenza principale	X
Sequenza delle nane bianche	

3)

Inseriamo le stelle con temperatura nota sulla sequenza principale e ricaviamo la loro magnitudine assoluta:

- $\beta$  Centauri B:  $M \approx -11.7 + 4.83 \approx -6.9$
- Vega:  $M \approx -4.4 + 4.83 \approx 0.4$
- $\alpha$  Centauri A:  $M \approx -0.5 + 4.83 \approx 4.3$

Per le stelle di cui è nota la magnitudine apparente e la distanza ricaviamo la magnitudine assoluta dalla relazione:

$$M = m + 5 - 5 \log D \text{ (pc)}$$

- Bellatrix:  $M = -0.51 + 5 - 5 \log 73.6 \approx -4.84$
- Wolf 359:  $M = 11.4 + 5 - 5 \log 2.39 \approx 14.5$

Per le stelle di cui è nota la magnitudine assoluta possiamo ricavare la temperatura dalla relazione:

$$x = \log \frac{T}{T_{\odot}} \quad \Rightarrow \quad T = 10^x \cdot T_{\odot}$$

con il valore "x" ricavabile dal grafico:

- Bellatrix:  $x \approx 0.52 \quad T \approx 10^{0.52} \cdot 5778 \approx 19000 \text{ K}$
- Sirio A:  $x \approx 0.19 \quad T \approx 10^{0.19} \cdot 5778 \approx 8950 \text{ K}$
- Stella di Barnard:  $x \approx -0.26 \quad T \approx 10^{-0.26} \cdot 5778 \approx 3180 \text{ K}$
- Wolf 359:  $x \approx -0.29 \quad T \approx 10^{-0.29} \cdot 5778 \approx 2960 \text{ K}$

Per le stelle di cui è nota la magnitudine assoluta e la distanza ricaviamo la magnitudine apparente dalla relazione:

$$m = M - 5 + 5 \log D \text{ (pc)}$$

- $\beta$  Centauri B:  $m = -6.9 - 5 + 5 \log 111 \approx -1.7$

➤ Sirio A:  $m = 1.43 - 5 + 5 \log 2.64 \approx -1.46$

Per le stelle di cui è nota la magnitudine assoluta e quella apparente ricaviamo la distanza dalla relazione:

$$D \text{ (pc)} = 10^{\frac{m-M+5}{5}}$$

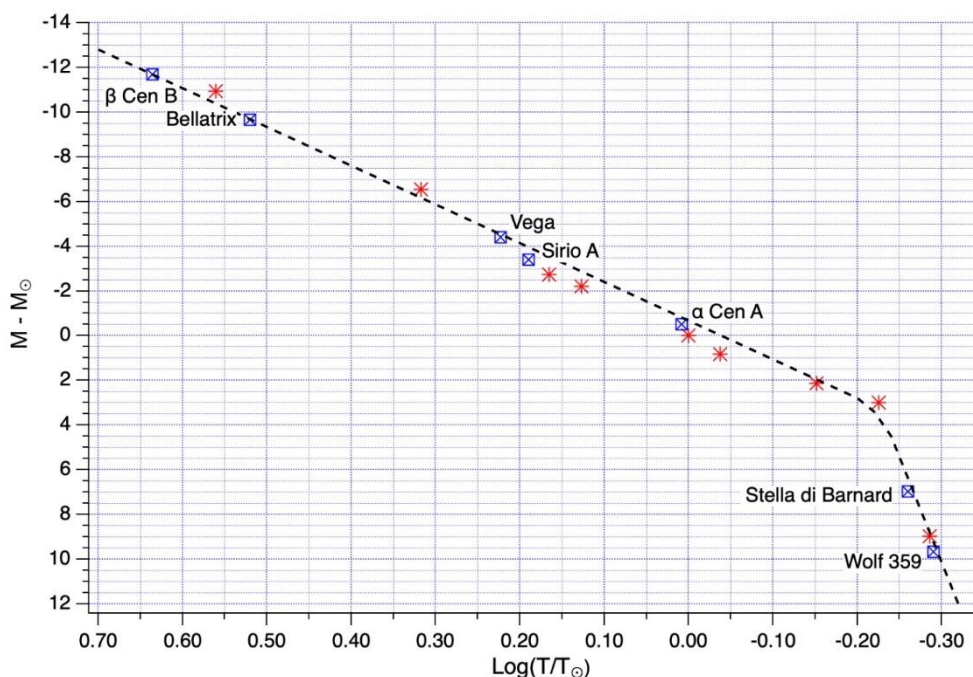
➤ Vega:  $D \text{ (pc)} = 10^{\frac{-0.22-0.4+5}{5}} \approx 7.5 \text{ pc}$

➤  $\alpha$  Centauri A:  $D \text{ (pc)} = 10^{\frac{0.00-4.3+5}{5}} \approx 1.4 \text{ pc}$

➤ Stella di Barnard :  $D \text{ (pc)} = 10^{\frac{8.12-11.8+5}{5}} \approx 1.8 \text{ pc}$

Tabella B

Stella	T (K)	m	D (pc)	M
$\beta$ Centauri B	25000	-1.7	111	-6.9
Bellatrix	19000	-0.51	73.6	-4.84
Vega	9660	-0.22	7.5	0.4
Sirio A	8950	-1.46	2.64	+1.43
$\alpha$ Centauri A	5890	+0.00	1.4	+4.3
Stella di Barnard	3180	+8.12	1.8	+11.8
Wolf 359	2960	+11.4	2.39	+14.5



4)

La formula che lega la temperatura fotosferica  $T_S$ , il raggio  $R_S$  e la luminosità  $L$  di una stella è:

$$L = 4\pi R_S^2 \sigma T_S^4$$

La differenza di magnitudine assoluta di una stella rispetto a quella solare è:

$$M_S - M_\odot = -2.5 \log \frac{L_S}{L_\odot} = -2.5 \log \frac{R_S^2 T_S^4}{R_\odot^2 T_\odot^4} = -2.5 \log \left( \frac{R_S}{R_\odot} \right)^2 - 2.5 \log \left( \frac{T_S}{T_\odot} \right)^4$$

$$M_S - M_\odot = -5 \log \frac{R_S}{R_\odot} - 10 \log \frac{T_S}{T_\odot}$$

quindi le tre rette da tracciare nel diagramma sono:

$$a) R_S = 0.2 R_{\odot}: M_S - M_{\odot} = -10 \log \frac{T_S}{T_{\odot}} + 5 \log 5$$

$$b) R_S = 1 R_{\odot}: M_S - M_{\odot} = -10 \log \frac{T_S}{T_{\odot}}$$

$$c) R_S = 5 R_{\odot}: M_S - M_{\odot} = -10 \log \frac{T_S}{T_{\odot}} - 5 \log 5$$

Per tracciarle basta calcolare due punti qualsiasi per ciascuna di esse imponendo il valore  $\log \frac{T_S}{T_{\odot}}$ .

Qui calcoliamo gli estremi nel grafico:

per la retta a):

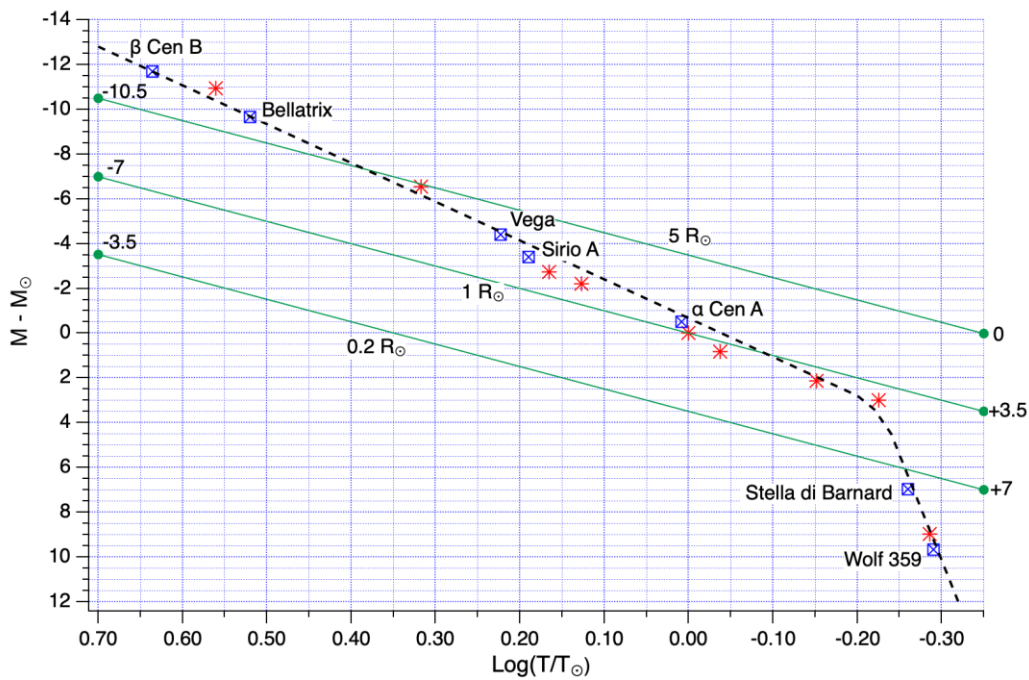
$$\log \frac{T_S}{T_{\odot}} = 0.70 \Rightarrow M_S - M_{\odot} = -3.5, \quad \log \frac{T_S}{T_{\odot}} = -0.35 \Rightarrow M_S - M_{\odot} = +7$$

per la retta b):

$$\log \frac{T_S}{T_{\odot}} = 0.70 \Rightarrow M_S - M_{\odot} = -7, \quad \log \frac{T_S}{T_{\odot}} = -0.35 \Rightarrow M_S - M_{\odot} = +3.5$$

per la retta c):

$$\log \frac{T_S}{T_{\odot}} = 0.70 \Rightarrow M_S - M_{\odot} = -10.5, \quad \log \frac{T_S}{T_{\odot}} = -0.35 \Rightarrow M_S - M_{\odot} = 0$$



5)

Consideriamo i punti in cui le rette di un dato raggio intersecano la sequenza principale.

Per  $R_S = 5 R_{\odot}$ : l'incrocio si ha per  $\log \frac{T_S}{T_{\odot}} \simeq 0.40$  da cui si ricava:  $T \simeq 10^{0.40} \cdot 5778 \simeq 14500 K$

Per  $R_S = 0.2 R_{\odot}$ : l'incrocio si ha per  $\log \frac{T_S}{T_{\odot}} \simeq -0.25$  da cui si ricava:  $T \simeq 10^{-0.25} \cdot 5778 \simeq 3250 K$



## XXI Campionati Italiani di Astronomia

Finale Nazionale - 19 aprile 2023

Prova Pratica - Categoria Senior

### 2. Le binarie a eclisse

A seconda del raggio e della temperatura delle componenti e dell'inclinazione dell'orbita rispetto alla direzione di osservazione, le curve di luce delle binarie a eclisse appaiono molto diverse. Vi presentiamo cinque diversi sistemi binari a eclisse (A, B, C, D, E) e cinque curve di luce (1, 2, 3, 4, 5). Le stelle gialle hanno una temperatura di 6000 K, quelle rosse di 4500 K. Tutti i piani orbitali coincidono con la direzione di osservazione e tutti i sistemi sono rappresentati alla loro massima separazione angolare. Trovate il giusto accoppiamento sistema binario - curva di luce e riportate le vostre scelte nel riquadro "accoppiamenti". Giustificate infine le vostre risposte.

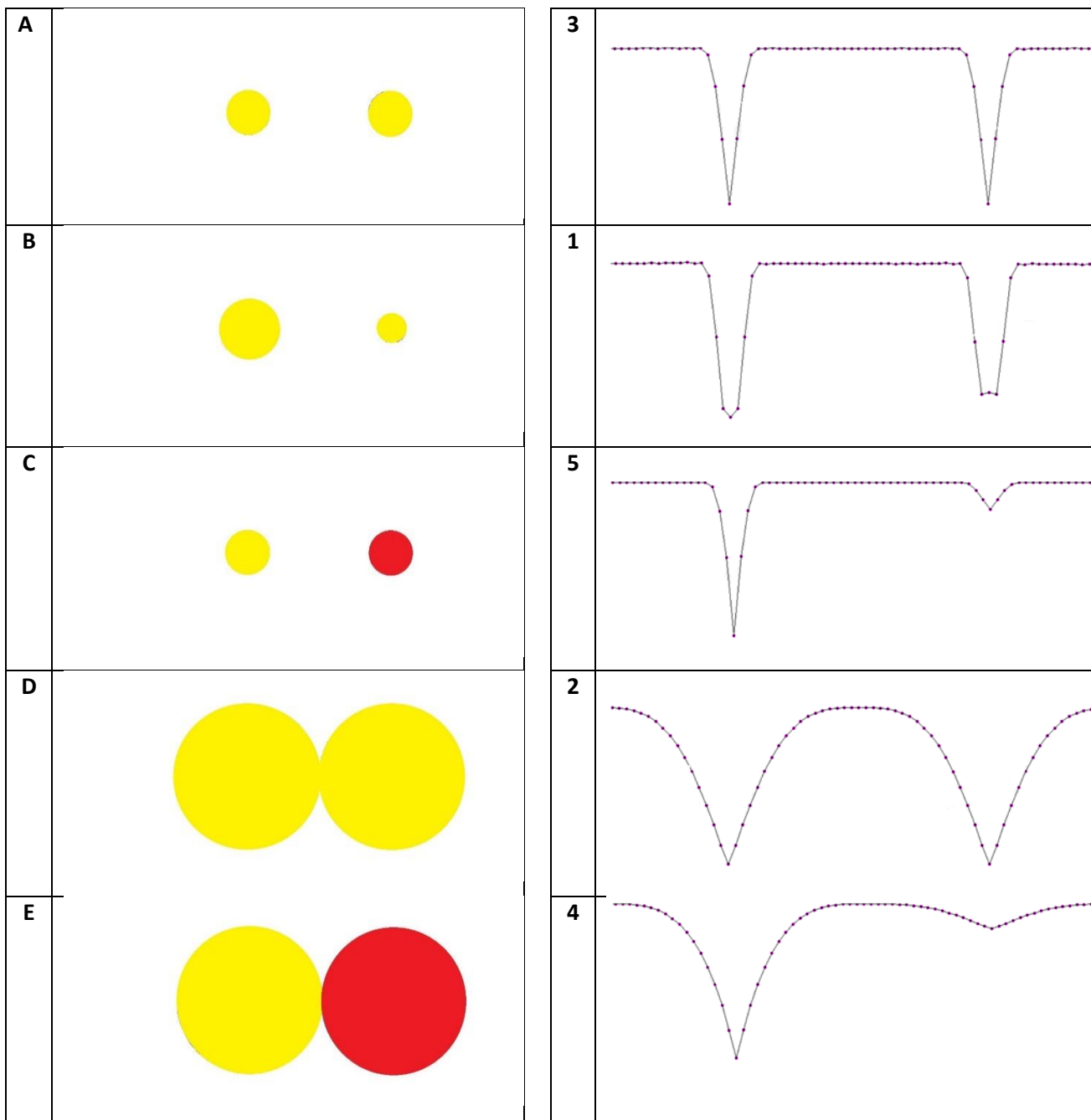
<b>A</b>		<b>1</b>	
<b>B</b>		<b>2</b>	
<b>C</b>		<b>3</b>	
<b>D</b>		<b>4</b>	
<b>E</b>		<b>5</b>	

**Accoppiamenti**

Sistema binario	A	B	C	D	E
Curva di luce					

**Giustificazione**

Soluzione:



**Accoppiamenti.**

Sistema binario	A	B	C	D	E
Curva di luce	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

**Giustificazione.**

**A - 3:** Le due stelle hanno temperatura identica e sono ben separate. Avremo quindi un massimo fuori eclisse piatto e due minimi identici.

**B - 1:** Le due stelle hanno temperatura identica, raggi diversi e sono ben separate. Avremo quindi un massimo fuori eclisse piatto e due minimi diversi, con il minimo secondario in corrispondenza del passaggio della stella di raggio minore dietro quella di raggio maggiore.



**C - 5:** Le due stelle hanno temperatura diversa, raggi uguali e sono ben separate. Avremo quindi un massimo fuori eclisse piatto e due minimi diversi, con il minimo secondario in corrispondenza del passaggio della stella di temperatura minore dietro quella di temperatura maggiore.

**D - 2:** Le due stelle hanno temperatura uguale, raggi uguali e sono a contatto. Nella curva di luce la parte piatta fuori eclisse ha durata molto breve e i due minimi sono uguali.

**E - 4:** Le due stelle hanno temperatura diversa, raggi uguali e sono a contatto. Nella curva di luce la parte piatta fuori eclisse ha durata molto breve, i due minimi sono diversi con il minimo secondario in corrispondenza del passaggio della stella di temperatura minore dietro quella di temperatura maggiore.