



Anisn

# HUMANITAS UNIVERSITY

# ZANICHELLI

## A proposito delle stagioni

DALLA PROVA DELLE OLIMPIADI DELLE SCIENZE NATURALI 2015 - XIII EDIZIONE  
FASE REGIONALE (BIENNIO)

**Le risposte corrette sono indicate in rosso**

Le 5 domande che seguono riguardano alcuni aspetti delle stagioni. Esse sono introdotte da un grafico al quale dovrai fare riferimento per fornire le risposte. Scrivi la risposta a ciascuna domanda nel foglio risposte allegato.

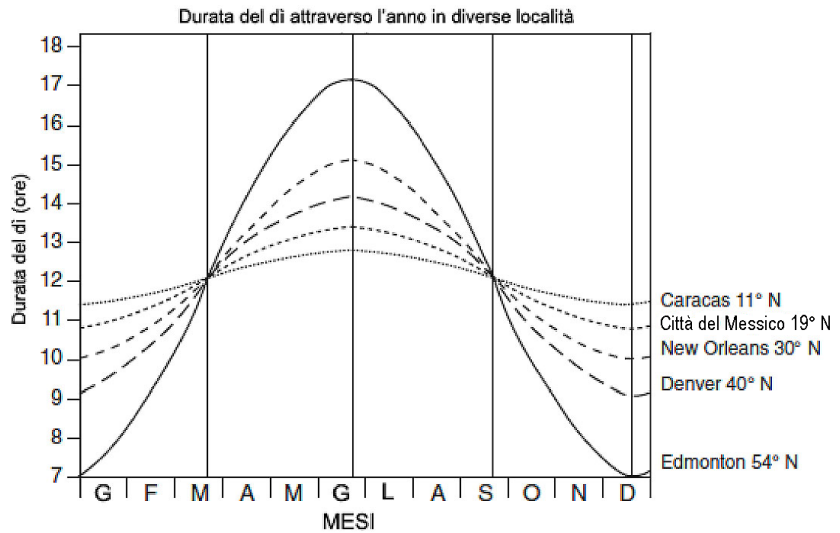
Il grafico a lato mostra la durata del dì nel corso dell'anno in diverse località del continente americano, per ciascuna delle quali è indicata la latitudine. In ordinata sono riportati i mesi dell'anno, indicati con l'iniziale; in ascissa è riportata la durata del dì espressa in ore.

1. Le curve riportate nel grafico hanno due punti in comune perché:

- La durata del dì è esattamente 12 ore due volte all'anno in tutte le località indicate nel grafico.
- La durata del dì è esattamente 12 ore due volte all'anno in tutte le località nello stesso emisfero.

**c) La durata del dì è esattamente 12 ore due volte all'anno in tutte le località della Terra.**

- Tutte le località indicate passano dall'emisfero buio all'emisfero illuminato alla stessa ora.
- Il mezzogiorno locale coincide in tutte le località indicate in occasione dei due equinozi.



2. L'andamento delle curve che compaiono nel grafico è diverso per ciascuna località perché la variazione della durata del dì nel corso dell'anno:

- Dipende dalla longitudine della località considerata.
- Risente in modo variabile della successione delle stagioni.
- È influenzata dalla variazione annua dell'inclinazione dell'asse terrestre.
- Risente della durata del crepuscolo, più prolungata alle alte latitudini.
- È meno marcata quanto più ci si avvicina all'equatore.**

3. Se nel grafico si aggiungesse una sesta curva, relativa alla città di Montevideo, situata nel continente americano alla latitudine 35° S, rispetto a quelle già tracciate, questa curva sarebbe caratterizzata da:

- Concavità e convessità invertite.**
- Valori minori della durata minima, valori maggiori della durata massima.
- Valori maggiori della durata minima, valori minori della durata massima.
- Valori maggiori della durata minima e anche della durata massima.
- Valori minori della durata minima e anche della durata massima.

4. Attualmente nell'emisfero nord il semestre estivo dura 7 gg e 6 hh in più rispetto a quello australe. Questa differenza dipende da:

- Differenza nella distribuzione delle terre emerse tra emisfero nord e sud.
- Diversa velocità di rivoluzione della Terra intorno al Sole durante l'anno.**

- c) Minor distanza Terra-Sole nel semestre estivo che determina un'estate boreale più calda e quindi più lunga.
- d) Effetto dei moti millenari della Terra che determinano attualmente estati lunghe e fresche.
- e) Inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'eclittica.

5. Quale dei seguenti fenomeni determina l'attenuazione delle differenze stagionali?

- a) Aumento dell'angolo compreso tra l'asse terrestre e la normale al piano dell'eclittica.
- b) Diminuzione dell'angolo compreso tra l'asse terrestre e la normale al piano dell'eclittica.**
- c) Maggior durata del semestre estivo rispetto a quello invernale.
- d) Diminuzione della temperatura media della Terra.
- e) Aumento della temperatura media della Terra.

## Commento a cura di Mariastella Cascone e Alessandro Chiappori, Alumni ANISN

1. Agli equinozi, la durata del dì e della notte è esattamente di 12 ore in tutte le località della Terra perché l'asse terrestre è perpendicolare alla congiungente Terra-Sole. Quindi la risposta corretta è la c), e i due punti in comune a tutte le curve in figura, che infatti si collocano a fine marzo e a fine settembre, sono proprio gli equinozi. Anche le risposte a) e b) sono vere, ma sono entrambe meno complete rispetto alla risposta c).
2. Come si può dedurre dalla figura, la risposta corretta è la e). Vediamo di seguito una spiegazione della figura. Ogni giorno, in una qualsiasi località, la durata del dì dipende dall'arco di cielo percorso dal Sole sopra l'orizzonte, e in particolare dal rapporto tra quest'arco e l'intera circonferenza percorsa dal Sole in 24 ore sulla volta celeste (quindi sia sopra che sotto l'orizzonte). Di conseguenza, la durata del dì è in prima approssimazione tanto maggiore quanto maggiore è l'altezza massima del Sole sopra l'orizzonte (vedremo che questo in realtà porterebbe a un risultato errato all'Equatore, dove, poiché l'asse terrestre giace sull'orizzonte, gli archi percorsi sopra l'orizzonte sono sempre pari alla metà delle circonferenze complete percorse dagli astri). Siano  $l$  la latitudine di una generica località e  $d$  la declinazione del Sole, angolo che sulla volta celeste è compreso tra l'orbita celeste apparente del Sole e l'Equatore celeste (questo angolo varia di giorno in giorno ed è compreso tra  $-23^{\circ}27'$  e  $+23^{\circ}27'$ ; in generale, anche le stelle fisse hanno una declinazione, che però non varia nel corso dell'anno). Allora, l'altezza massima del Sole sull'orizzonte è pari a  $90^{\circ} - l + d$ . La stagionalità della durata del dì è data dalla variazione giornaliera di  $d$ : per valori piccoli di  $l$ , il contributo di  $d$  influenza meno l'altezza massima, e dunque più ci si avvicina all'Equatore ( $l = 0$ ) meno la durata del dì risente della stagionalità. Come anticipato, notiamo un fatto importante: all'Equatore la durata del dì è sempre di 12 ore. Questo accade perché quelli sull'Equatore sono gli unici punti sulla Terra in cui stelle con declinazioni diverse stanno sopra l'orizzonte per lo stesso tempo (esattamente 12 ore). Nondimeno, la variazione giornaliera di  $d$  del Sole fa sì che ogni giorno l'arco che il Sole percorre sulla volta celeste di un punto all'Equatore sia diverso, e in particolare che il Sole passi allo zenit dell'Equatore – e dunque percorra l'arco massimo per il cielo dell'Equatore – solo agli equinozi. Questa, quindi, è in un certo senso un'eccezione alla regola intuitiva che abbiamo utilizzato e per cui “maggiore è l'altezza massima di un astro e maggiore è l'arco di cielo che percorre sopra l'orizzonte rispetto alla sua circonferenza totale”. In effetti, questa regola intuitiva è in realtà un'interpretazione qualitativa di una formula esatta in cui, nell'espressione della durata del giorno, compare il prodotto di  $d$  per la tangente di  $l$ , che nel caso dell'Equatore è identicamente nullo, ma che alle altre latitudini varia appunto al variare di  $d$ , e varia a un tasso tanto maggiore quanto maggiore è  $l$  e, quindi quanto minore è  $90^{\circ} - l$ .  
Notiamo che la d) è sbagliata perché, per definizione, il crepuscolo si colloca temporalmente dopo la fine del dì, cioè quando il Sole è ormai sotto l'orizzonte, e la sua durata non ha quindi nessun effetto sulla durata del dì.
3. Poiché Montevideo si trova nell'emisfero Sud, le stagioni sono invertite rispetto a quelle delle località riportate sul grafico, e quindi la curva relativa alla durata del dì durante l'anno a Montevideo sarebbe specchiata rispetto alle altre: il solstizio di fine giugno, che per le altre curve è un massimo, sarebbe un minimo, mentre il solstizio di fine dicembre, che per le altre curve è un minimo, sarebbe un massimo. Di conseguenza, la curva avrebbe concavità e convessità invertite rispetto alle altre, e la risposta corretta è la a).  
Le risposte da b) a e) sono errate perché Montevideo, essendo a  $35^{\circ}\text{S}$ , ha i valori di durata minima e massima del dì corrispondenti a quelli del parallelo  $35^{\circ}\text{N}$  (specchiati). Tali valori sono quindi intermedi rispetto alle curve già tracciate, che vanno invece da  $11^{\circ}\text{N}$  a  $54^{\circ}\text{N}$ .
4. Partiamo con l'esclusione della risposta a): la distribuzione delle terre emerse, per quanto asimmetrica fra i due emisferi, non può avere alcuna influenza sull'alternarsi delle stagioni.  
Ciò che invece determina la durata delle stagioni è la distanza fra Terra e Sole durante il moto di rivoluzione. In base alla prima legge di Keplero, la Terra segue un'orbita ellittica con il Sole in uno dei due fuochi. Ora, dato che l'inclinazione terrestre, a meno di moti millenari, è fissa rispetto alla sfera celeste, si ha una corrispondenza univoca fra i mesi dell'anno e la posizione lungo l'orbita terrestre. In particolare, l'estate boreale si trova sempre in corrispondenza dell'afelio (punto più lontano dal Sole), mentre l'estate australe si trova in corrispondenza del perielio (punto più vicino al Sole). Questo implica che l'estate boreale duri di più, poiché per la seconda legge di Keplero la velocità orbitale terrestre diminuisce allontanandosi dal Sole e quindi occorre più tempo per percorrere

uno stesso settore dell'orbita all'afelio piuttosto che al perielio. Quindi la risposta b) è corretta, mentre la risposta c) inverte emisfero australe e boreale.

Le risposte d) ed e) indicano due fenomeni che contribuiscono all'esistenza di differenze stagionali: i moti millenari modificano col tempo la posizione dei solstizi lungo l'orbita e senza inclinazione dell'orbita terrestre non ci sarebbe alcuna alternanza delle stagioni. Tuttavia, non spiegano perché, nella configurazione odierna, l'estate boreale dura più dell'estate australe.

5. Come descritto nel commento al quesito 4, le differenze stagionali fra diverse latitudini dipendono dalla forma dell'orbita di rivoluzione terrestre e dall'inclinazione dell'asse terrestre. Possiamo quindi già escludere le risposte d) ed e). La risposta b) è corretta perché diminuendo l'inclinazione dell'asse terrestre, si attenua la differenza nell'esposizione ai raggi solari fra i due emisferi. Le risposte a) e c) invece vanno nell'altro senso, aumentando ulteriormente le differenze stagionali fra gli emisferi terrestri.

