



Anisn

**HUMANITAS  
UNIVERSITY**

**ZANICHELLI**

## I cambiamenti climatici

**OLIMPIADI DELLE SCIENZE NATURALI 2019 - XVII EDIZIONE  
FASE NAZIONALE (TRIENNIO SCIENZE DELLA TERRA)**

**Le risposte corrette sono indicate in rosso**

Le 6 domande che seguono riguardano i cambiamenti climatici. Le domande sono introdotte da alcune immagini alle quali dovrai fare riferimento per fornire le risposte. Considera attentamente tutti i dati, le informazioni e le immagini allegati ai singoli quesiti. Scrivi la risposta a ciascuna domanda nel foglio risposte allegato.

1. La storia del nostro pianeta ha visto susseguirsi periodi dove la temperatura dell'atmosfera presentava valori medi più bassi rispetto a quelli attuali (i periodi glaciali) e periodi interglaciali caratterizzati da temperature più elevate. Questi periodi si sono avvicinati in modo più o meno ciclico e una delle cause è stata individuata nei fattori astronomici. Quale tra i seguenti fattori ha influito nell'alternarsi di periodi caldi e freddi sul nostro pianeta?

- a) La variazione della distanza Terra-Sole.
- b) I moti millenari terrestri.**
- c) La variazione dell'attività solare.
- d) La diminuzione della velocità di rotazione della Terra, con conseguente diminuzione del numero dei giorni in un anno.

2. Le glaciazioni avvenute in epoche passate sono state individuate anche grazie alla distribuzione sulla superficie terrestre delle morene derivate in seguito all'azione erosiva dei ghiacciai. Questi depositi si ritrovano in genere in corrispondenza della massima estensione raggiunta dal ghiacciaio, lungo i suoi fianchi ed alla sua fronte. Quale delle seguenti condizioni può essere considerata anomala e quindi indicare la presenza in passato di un ghiacciaio formatosi in condizioni climatiche diverse da quelle attuali?

- a) Depositi morenici a basse latitudini e basse quote s.l.m. .**
- b) Depositi morenici a quote elevate s.l.m. .
- c) Il ritrovamento solo delle morene frontali.
- d) Depositi morenici a basse latitudini e quote elevate s.l.m. .

3. Negli ultimi anni sul pianeta Terra si stanno registrando temperature dell'atmosfera sempre più elevate. Nella figura sottostante sono riportate le anomalie (variazioni in positivo ed in negativo) registrate a partire dal 1880, mentre nella

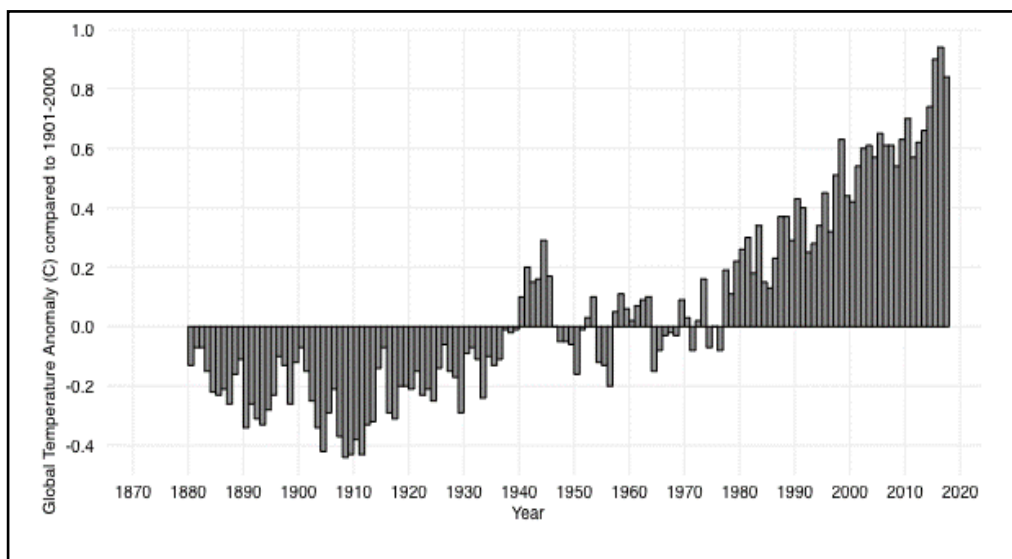
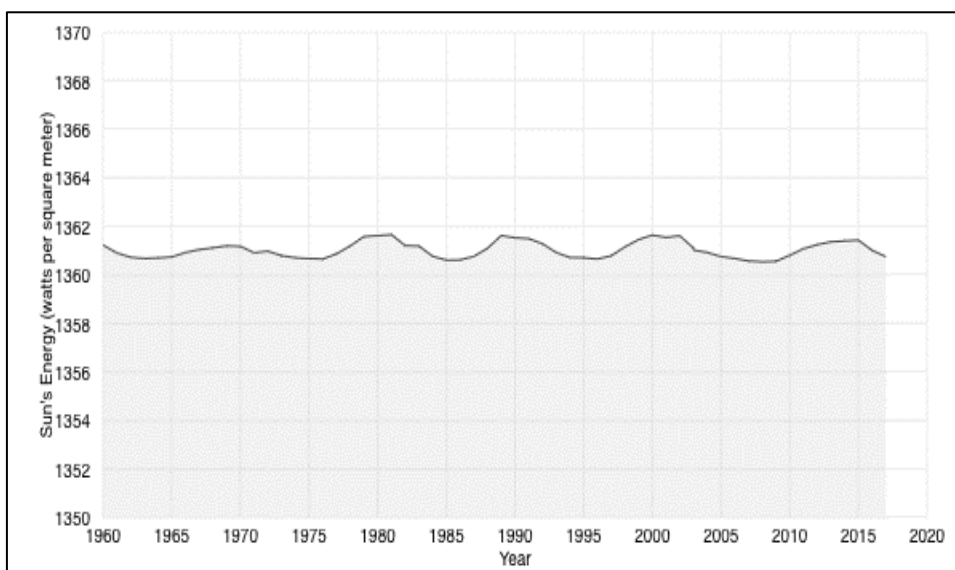


figura di questa pagina è riportata l'intensità in Watt dell'Energia del sole dal 1960.

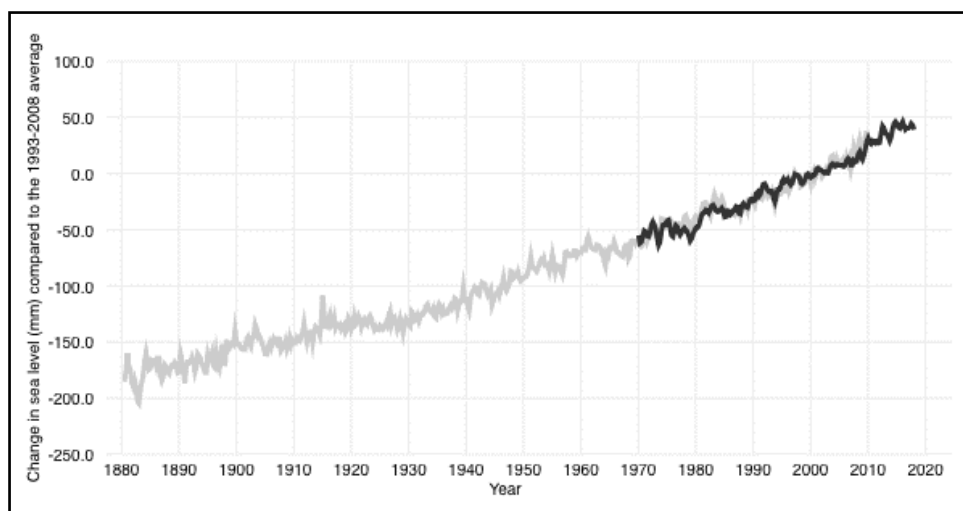


(Fonte NOAA <https://www.noaa.gov/education/education-resource-collections>)

Il confronto tra i due grafici permette di trarre alcune considerazioni. Quale tra quelle riportate NON è corretta?

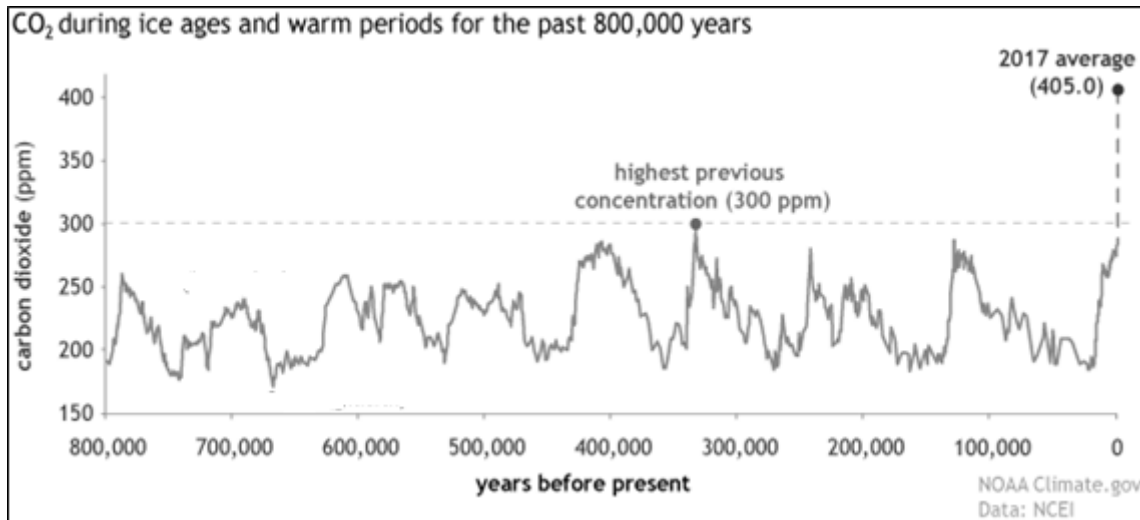
- a) Non si è registrata alcuna variazione dell'energia media emessa dal Sole, mentre in media le temperature dell'atmosfera sono aumentate.
- b) L'energia solare in arrivo nell'atmosfera terrestre ha un andamento ciclico.
- c) **Le variazioni dell'energia solare negli ultimi decenni hanno determinato nell'atmosfera terrestre un alternarsi di anomalie positive e negative della temperatura.**
- d) A partire dal 1980 si registrano solo anomalie positive della temperatura dell'atmosfera terrestre.

4. L'aumento della temperatura nell'atmosfera terrestre ha effetti non solo sulle masse di aria, ma anche sul ciclo dell'acqua. A causa delle temperature elevate, l'estensione dei ghiacciai montani e polari è in costante diminuzione. Nella figura sottostante è riportata la variazione del livello dei mari: in grigio chiaro sono riportati i dati misurati, in grigio scuro quelli previsti a partire dal 1970. La lettura del grafico permette di affermare che:



- a) Dal 1880 a oggi si è registrato un aumento costante del livello del mare, a causa dell'aumento delle temperature atmosferiche.
- b) Le previsioni sono molto diverse dai dati che sono stati rilevati.
- c) Ad oggi (2019) il livello del mare è variato di 150 mm rispetto al 1900.
- d) **A partire dal 1930, il livello del mare è progressivamente aumentato.**

5. I grafici riportati nelle figure precedenti mostrano dati anomali negli ultimi anni rispetto a quelli registrati in passato nell'atmosfera terrestre. Gli studiosi pensano che uno dei fenomeni responsabili delle anomalie sia da ricercare nella variazione della concentrazione di diossido di carbonio nell'atmosfera terrestre. Nella figura sottostante è riportata la variazione della concentrazione di diossido di carbonio a partire da 800.000 anni fa. Quale delle seguenti affermazioni è corretta?

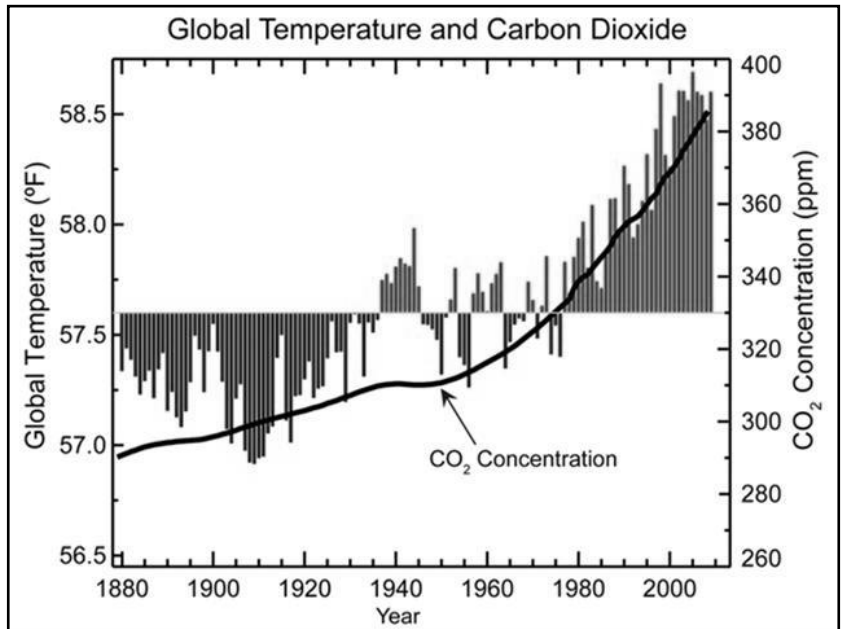


- a) Elevate concentrazioni di diossido di carbonio si sono costantemente registrate negli ultimi 800.000 anni.
- b) Basse concentrazioni di diossido di carbonio si sono registrate in periodi nei quali la temperatura dell'atmosfera terrestre era più alta rispetto all'attuale.
- c) **La concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera è variata in modo ciclico, il dato medio del 2017 è fortemente anomalo.**
- d) La concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera varia in modo ciclico, quindi dopo il picco registrato negli ultimi 2000 anni seguirà una diminuzione della sua concentrazione in atmosfera.

6. Nella figura a lato sono stati confrontati i dati relativi all'aumento di concentrazione di diossido di carbonio nell'atmosfera e le variazioni della temperatura globale registrate a partire dal 1880.

Quale di queste affermazioni è corretta:

- a) **A partire dal 1980 esiste una correlazione tra la concentrazione di diossido di carbonio e le temperature globali.**
- b) A partire dal 1940 esiste una correlazione tra la concentrazione di diossido di carbonio e le temperature globali.
- c) Dal grafico non appare nessuna chiara correlazione tra l'aumento di diossido di carbonio e l'aumento della temperatura terrestre.
- d) La concentrazione di diossido di carbonio nell'atmosfera è sempre aumentata con la stessa velocità, mentre la temperatura globale ha subito delle oscillazioni.



## Commento a cura di Alessandro Chiappori e Pasquale Miglionico, Alumni ANISN

1. La risposta corretta è la **B**. Lo si può dedurre analizzando una per una le opzioni. Non è chiaro se la distanza media tra la Terra e il Sole sia cambiata nel corso della storia della Terra, ma in ogni caso eventuali cambiamenti sarebbero avvenuti su scale di tempo estremamente lunghe (centinaia di milioni o miliardi di anni) e non compatibili con quelle dell'alternarsi delle glaciazioni (tra decine e centinaia di migliaia di anni), quindi si può escludere l'opzione A. Un discorso analogo vale per la velocità di rotazione della Terra, che con il passare delle ere geologiche ha subito un lento e costante rallentamento dovuto alle forze di marea, quindi si può escludere anche l'opzione D. Le variazioni dell'attività solare sarebbero in grado di causare variazioni nel clima terrestre, ma l'entità della loro influenza sembra trascurabile rispetto a quella dei moti millenari terrestri, quindi dobbiamo scegliere l'opzione B. Infatti, i moti millenari che influenzano l'eccentricità dell'orbita e l'inclinazione dell'asse terrestre sono in grado di modificare la durata delle stagioni e l'escursione termica annua. Quando i moti millenari causano un periodo di estati brevi e fresche nell'emisfero settentrionale, il manto nevoso nelle regioni boreali può superare più facilmente la stagione calda e dunque favorire l'espansione dei ghiacciai. L'aumento della superficie dei ghiacciai fa aumentare l'albedo del pianeta, diminuendo la quantità di energia solare che questo è in grado di assorbire, quindi si genera un feedback positivo che porta all'inizio di un periodo glaciale.
2. La risposta corretta è la **A**. Le morene sono detriti rocciosi trasportati dai ghiacciai, di conseguenza nelle condizioni climatiche attuali si formano ad alte quote e ad alte latitudini. Quindi le risposte B e D sono da escludere, mentre la A è corretta. Il ritrovamento delle sole morene frontali invece, più che a delle condizioni climatiche diverse da quelle attuali, dovrebbe far pensare a degli agenti esogeni che hanno nascosto o spostato la restante parte dei detriti glaciali, quindi anche la C non è corretta.
3. La risposta corretta è la **C**, per rispondere è sufficiente leggere con attenzione i grafici. L'opzione A è vera, infatti, nonostante le oscillazioni periodiche, l'intensità media della radiazione solare è rimasta costante, mentre la temperatura media della Terra è aumentata. L'opzione B è anch'essa vera, infatti, l'attività solare oscilla con un periodo di circa 11 anni seguendo il ciclo dell'attività magnetica solare. L'opzione C è invece falsa perché negli ultimi decenni le anomalie nella temperatura media del pianeta non hanno seguito le oscillazioni dell'attività solare. L'opzione D invece è vera, come è evidente dal primo grafico.
4. La risposta corretta è la **D**. Mentre la B risulta chiaramente falsa dall'osservazione del grafico, le altre due opzioni richiedono una maggiore attenzione per essere scartate. L'opzione C indica una variazione del livello del mare di "solo" 150 mm, mentre quella ricavabile dal grafico è di 200 mm. Nel caso del distrattore A, possiamo considerare vera la prima parte del periodo, poiché in nessuna parte del grafico il livello del mare decresce. Tuttavia, confrontando il grafico di questa domanda con quello sull'andamento della temperatura della domanda precedente, si nota come tra il 1880 e il 1910 la temperatura sia diminuita, mentre il livello del mare è aumentato; analogamente, tra il 1930 e il 1980 la temperatura media è rimasta all'incirca costante, mentre il livello del mare è aumentato. Non è quindi possibile affermare che *sin dal 1880* l'aumento delle temperature atmosferiche sia causa dell'aumento del livello del mare.
5. La risposta corretta è la **C**. Per rispondere a questa domanda bisogna capire che esistono due fattori responsabili della variazione della concentrazione di anidride carbonica: una fluttuazione intrinseca al sistema Terra e una forzante data dalle emissioni umane. Nel grafico riportato vediamo l'effetto della loro combinazione. La variazione naturale della concentrazione atmosferica di anidride carbonica può essere ricondotta a tre termini prevalenti. Il primo è dato dalle eruzioni vulcaniche, la principale fonte naturale di emissione di  $CO_2$ . Gli altri due fattori hanno effetto opposto, cioè diminuiscono la concentrazione di  $CO_2$  dall'atmosfera. Il primo è dato da un lento processo che riguarda la litosfera: sulla superficie di alcune rocce a contatto con l'aria avvengono reazioni chimiche che sostituiscono atomi di silicio con atomi di carbonio, sequestrandolo dall'atmosfera. Il fenomeno riguarda silicati

contenenti calcio, che a seguito della sostituzione del silicio vengono convertiti in carbonati. Infine, la  $CO_2$  viene sequestrata dalla biosfera, con processi come la fotosintesi clorofilliana. L'emissione di anidride carbonica da parte dell'uomo ha portato a stravolgere l'oscillazione regolare data da queste componenti naturali, essendo avvenuta in un intervallo di tempo molto ridotto rispetto alle scale temporali caratteristiche dei fenomeni terrestri. Di conseguenza, il sistema Terra non ha avuto il tempo di ammortizzare la perturbazione e l'anidride carbonica che abbiamo liberato ha portato a un aumento netto immediato della sua concentrazione in atmosfera.

Come è ben evidente nel grafico, le emissioni umane hanno determinato un'anomalia senza precedenti negli ultimi 800'000 anni. È importante soffermarsi sull'entità dello scompensamento che abbiamo provocato negli ultimi 150 anni. Siamo arrivati già nel 2017 a 100 *ppm* in più rispetto al precedente massimo di concentrazione, esattamente la stessa quantità che determina il passaggio dai 200 *ppm* circa delle ere glaciali ai 300 *ppm* circa delle ere interglaciali. Mentre nei precedenti 800'000 anni possiamo vedere che ad un picco segue sempre una riduzione rapida, che porta a riequilibrare il sistema, le emissioni umane hanno determinato una perturbazione tale da rendere impossibile basarsi sugli andamenti storici per prevedere gli sviluppi futuri. Questi dipenderanno invece dalla gestione delle emissioni di  $CO_2$  antropiche, che ormai hanno superato nettamente ogni fonte di variazione naturale, sia in intensità che in rapidità. Per questo motivo l'opzione D risulta errata.

6. La risposta corretta è la **A**. Una chiara correlazione fra le temperature globali e la concentrazione di  $CO_2$  in atmosfera esiste solo a partire dal 1980 circa, guardando il grafico. Prima di tale data la temperatura oscilla troppo e non permette di evidenziare un qualche trend complessivo di aumento del suo valore medio. Il distrattore D è reso falso dal fatto che il diossido di carbonio è aumentato secondo velocità variabili nel corso dell'intervallo presentato. Una velocità di aumento costante sarebbe rappresentata da una linea retta, con pendenza costante, mentre dal grafico si può osservare che la pendenza aumenta molto a partire dal 1950 circa. Non è un caso che coincida con gli anni del boom economico successivo alla Seconda guerra mondiale. Il fatto che l'aumento della temperatura globale sia proprio dovuto all'aumento della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera è suggerito da confronti come quelli svolti alle domande 3) e 5). In questo modo si può vedere che l'aumento di  $CO_2$  degli ultimi anni è l'unico andamento a sfuggire alla periodicità delle fluttuazioni naturali, come quelle osservate per l'intensità della radiazione solare. Il meccanismo con cui questo gas riscalda l'atmosfera è il ben noto effetto serra. Questo fenomeno indica la riflessione da parte dell'atmosfera di una parte della radiazione infrarossa che viene irradiata dal nostro pianeta. Questa radiazione torna così verso la superficie terrestre, riscaldandola.