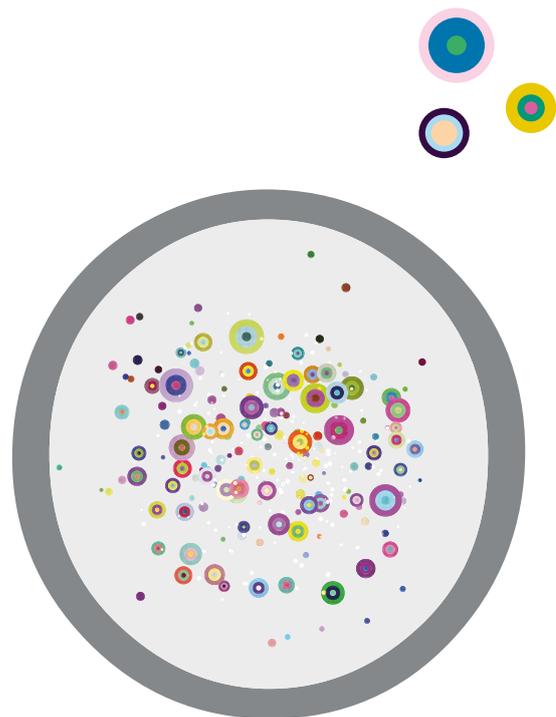


A caccia di inquinanti nel cielo. Come rilevare l'ozono troposferico



**Fondazione
Umberto Veronesi**
– per il progresso
delle scienze

Fascia di età consigliata:

11 anni + (con supervisione di un adulto o di un insegnante)

Contesto scientifico

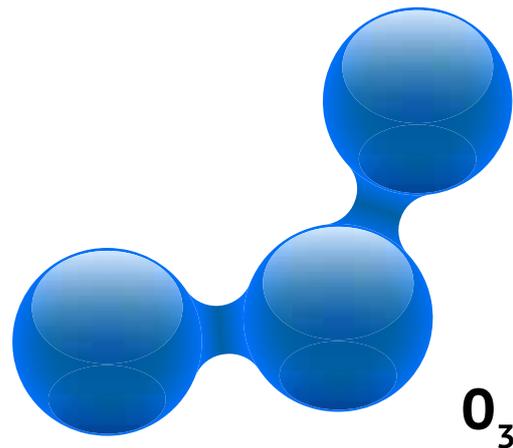
Con il termine **ozono troposferico** si fa riferimento al gas ozono presente nei bassi strati dell'atmosfera. È un gas irritante: non viene emesso da una fonte diretta ma si forma quando altri inquinanti, come ossidi di azoto (**NO_x**) e composti organici volatili (**VOCs**), reagiscono a causa della **radiazione solare**, specialmente in condizioni di alta pressione, elevata temperatura e scarsa ventilazione che favoriscono il ristagno degli inquinanti.

La presenza di ozono nello strato più elevato dell'atmosfera, chiamato ozonofera (situata tra 15–35 km di altitudine), è fondamentale per la vita sulla Terra perché protegge gli organismi viventi dall'effetto nocivo delle radiazioni UV provenienti dai raggi solari. Al contrario, la presenza di **ozono troposferico** rappresenta uno degli inquinanti atmosferici che più incidono sulla salute umana (insieme a particolato e biossido di azoto). L'esposizione a questo gas, acuta o prolungata, può causare conseguenze che vanno dall'irritazione del sistema respiratorio e cardiovascolare fino alla morte prematura. A livello ambientale, invece, l'inquinamento atmosferico danneggia flora, fauna ed ecosistemi, e può influire sulla resa dei raccolti.

L'ozono è un gas incolore e inodore: come rilevare la presenza di questo invisibile inquinante dell'aria? Per farlo è possibile eseguire un semplice test chiamato **test di Schönbein**.

Materiali

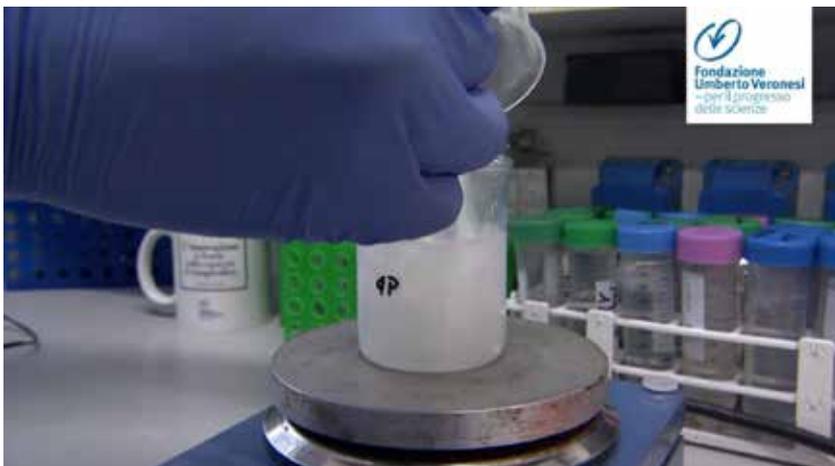
- Ioduro di potassio in polvere (si trova comunemente nei laboratori di chimica)
- Carta da filtro bianca (in alternativa fogli da stampa A4)
- Becker da 250 o 500 ml
- Cilindro graduato da 100 ml
- Acqua distillata
- Amido di mais (maizena)
- Piastra riscaldante magnetica (o microonde con piatto di supporto)
- Ancoretta magnetica (o bacchetta di vetro o cucchiaino da caffè)
- Buste di plastica con chiusura ermetica
- Guanti monouso da laboratorio
- Guanto da cucina o presina da forno
- Penna a sfera
- Forbici
- Mollette da bucato o da cucina
- Bilancia di precisione



Procedimento

Preparazione della soluzione di Schönbein

- Misura 100 ml di acqua distillata in un cilindro graduato e versali in un becker
- Usando il guanto da forno, e facendo attenzione a non scottarti, posiziona il becker su una piastra riscaldante magnetica (pre-riscaldata a più di 100°) e porta a ebollizione il liquido (puoi fare lo stesso usando un microonde a potenza massima per 40-50 secondi, sempre usando un guanto da forno).
- Pesa 5 grammi di amido di mais e versali nel becker insieme all'acqua. Per mescolare puoi usare un'ancoretta magnetica (agiterà la soluzione se la piastra magnetica è accesa), oppure puoi usare una bacchetta di vetro o un cucchiaino da caffè.



- Mescola finché la soluzione non appare gelatinosa e opalescente.
- Spegni la piastra riscaldante.
- Pesa 1 grammo di ioduro di potassio e versalo nella soluzione. Continua a mescolare e fai raffreddare la soluzione per qualche minuto.



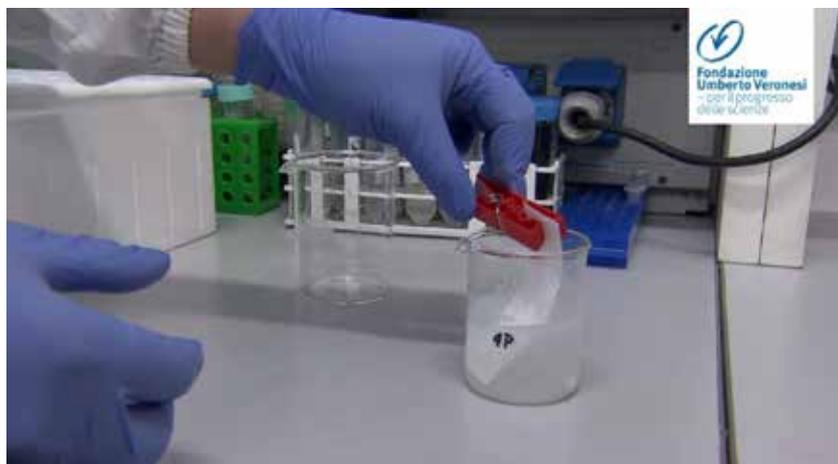
Attenzione:

- ! la soluzione con ioduro di potassio è
- leggermente irritante per la pelle. Usare i guanti monouso o lavarsi bene le mani alla

fine dell'utilizzo.

Preparazione delle strip-sensore per rilevare l'ozono

- Prepara e ritaglia delle striscioline di carta filtro (o carta per stampanti) di circa 2 cm di larghezza per 5 cm di lunghezza.
- Immergi le striscioline di carta dentro la soluzione preparata, ognuna separatamente, lasciando un lembo



asciutto. Elimina gli eccessi di soluzione sgocciolando delicatamente.

Consiglio di laboratorio: le strip di carta immerse nella soluzione di Schönbein sono già pronte per l'utilizzo e si può passare subito alla rilevazione dell'ozono. In alternativa, puoi usarle in un secondo momento.

Per farlo:

- asciuga le strip (usa un microonde a bassa potenza per 50-60 secondi) e conservale al buio e in un luogo asciutto. Riponi le strip all'interno di una busta di plastica con chiusura ermetica e lascia il tutto all'interno di una scatola o di un armadio buio;
 - quando vorrai utilizzare le strip, idrata bene tutta la superficie che era stata immersa nella soluzione con qualche goccia d'acqua distillata (puoi una pipetta di plastica o un cucchiaino).
-
- Le strip-sensore sono pronte per effettuare la rilevazione dell'ozono troposferico. Scegli un luogo per effettuare la rilevazione, all'aperto oppure al chiuso. Può essere il balcone della finestra di casa, una strada, una caffetteria o un parco. Fissa una strip-sensore a una estremità aiutandoti con una molletta e lascialo libero



A caccia di inquinanti nel cielo. Come rilevare l'ozono troposferico

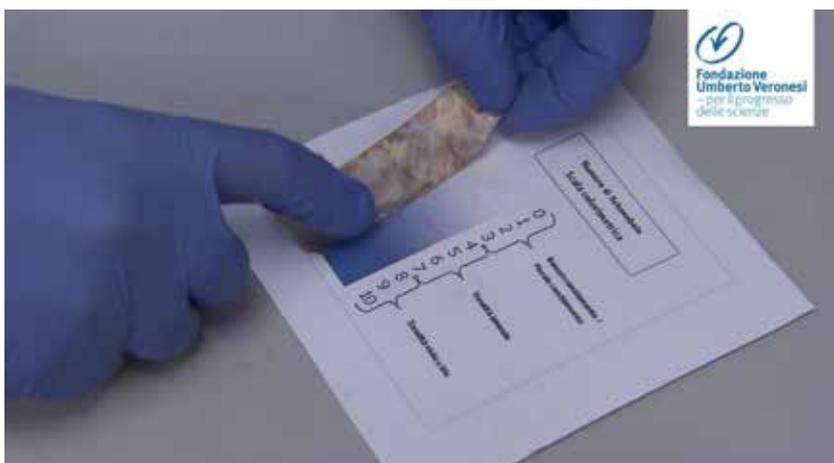
di muoversi liberamente. Evita di esporre la strip direttamente ai raggi solari.

- Lascia la strip-sensore ferma per 8 ore, poi recuperala. Puoi analizzare subito i risultati (se invece non vuoi farlo immediatamente, ricordati di mettere la strip-sensore in una busta di plastica ermetica, rimuovendo bene l'aria e conservandola al buio).
- Prendi la strip-sensore e aggiungi qualche goccia d'acqua distillata su tutta la superficie (usando una pipetta



o un cucchiaino). La strip si colorerà molto velocemente di una tonalità di viola, più o meno intensa.

- Individua la zona più intensamente colorata e confrontala con la scala colorimetrica riportata di seguito.

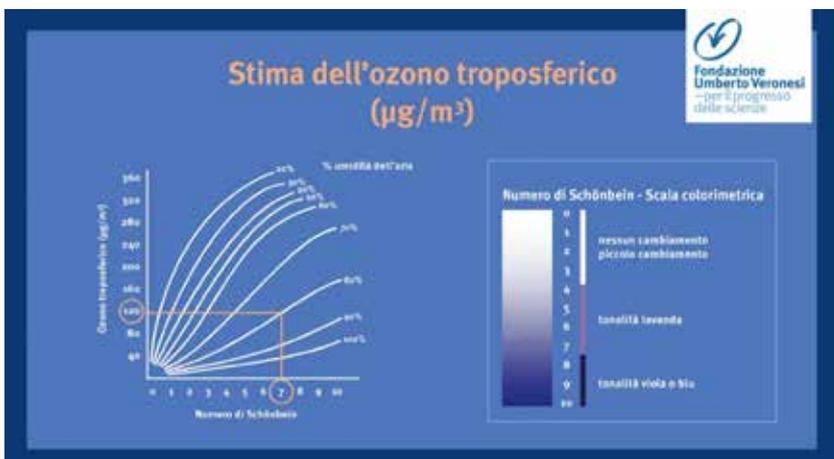


In base al colore, puoi identificare il numero corrispondente, chiamato **numero di Schönbein**.

- Una volta identificato il numero di Schönbein, puoi usare una tabella precompilata che trovi qui di seguito, per stimare la quantità di ozono presente nell'aria. È necessario conoscere anche il valore **% di umidità nell'aria** presente durante le ore dell'esperimento: puoi facilmente ottenere questa informazione su internet,

guardando un sito di previsioni meteo per la tua città.

- Usando il grafico sottostante, identifica il numero di **Schönbein** sull'asse delle ascisse (asse orizzontale). Poi traccia una linea verticale con un righello, fino a incontrare una delle curve che corrispondono ai diversi valori di umidità: fermati quando hai incrociato la curva con il tuo valore. Infine, da questo nuovo punto,



traccia una linea orizzontale fino ad arrivare all'asse delle ordinate (asse verticale).

- Il valore trovato sull'asse verticale rappresenta la stima dell'ozono troposferico medio durante le 8 ore dell'esperimento.
- Ora puoi confrontare diverse zone della tua città e ripetere l'esperimento, oppure analizzare le stesse aree in orari diversi! Su un quaderno di laboratorio, segna il nome dell'area che stai analizzando, la temperatura e le condizioni atmosferiche in generale (pioggia, cielo nuvoloso o sereno).

Per approfondire

Come funziona il test di Schönbein?

Il test di Schönbein si basa sulla capacità ossidante dell'ozono, un gas molto reattivo. L'ozono nell'aria ossida la soluzione con lo ioduro di potassio nelle strip-sensore, e il prodotto di questa reazione è lo iodio. Lo iodio, a sua volta, reagisce con l'amido presente nella soluzione, facendo sì che la soluzione assuma un colore viola (più iodio, cioè maggiore presenza di ozono, colora la carta più intensamente). Inoltre, usando una tabella dedicata, questa reazione colorimetrica permette anche di stimare in **maniera quantitativa** l'ammontare di ozono presente nell'aria durante le ore dell'esperimento.

Dal punto di vista chimico, le reazioni coinvolte sono due:

- 2KI (ioduro di potassio) + O_3 (**ozono**) + H_2O (acqua) $\rightarrow 2\text{KOH} + \text{O}_2 + \text{I}_2$ (**iodio**)
- I_2 (**iodio**) + **amido** l'amido **si colora di una tonalità di viola**

Perché bisogna conoscere l'umidità?

Per dare una valutazione quantitativa dell'ozono presente nell'aria, conoscere l'umidità è fondamentale. L'aria è una miscela di gas e per valutare correttamente la concentrazione di ozono occorre identificare le quantità del gas che, più di altri, può variare durante il corso della giornata – l'umidità appunto (cioè acqua allo stato gassoso). In generale, il test di Schönbein fornisce risultati più precisi quando l'umidità è al di sotto del 90%.

Perché bisogna evitare i raggi solari durante il test?

Il test di Schönbein funziona perché l'ozono ossida la soluzione di ioduro di potassio, generando iodio. Tuttavia, l'ozono non è l'unica fonte ossidante nell'aria: i raggi UV presenti nella luce solare possono accelerare questo processo e falsare i risultati. Per lo stesso motivo, meglio evitare di posizionare le strip-sensore vicino a fonti ossidanti domestiche o ambientali (come fornelli, solventi chimici e accendini).

Quali sono le concentrazioni di ozono pericolose per la salute?

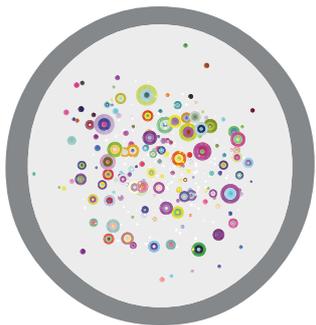
Il test di Schönbein, condotto per 8 ore, fornisce un valore medio di ozono troposferico espresso in mg/m^3 . Le normative italiane prevedono soglie limite: in particolare, la **soglia di informazione** (livello oltre il quale esiste un rischio per la salute umana, in caso di esposizione di breve durata, per persone fragili come malati cronici o anziani) è **180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , mentre la **soglia di allarme** (livello oltre il quale esiste un rischio per la salute umana, in caso di esposizione di breve durata, per tutta la popolazione) è **240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

In aggiunta a questi valori soglia, l'Organizzazione Mondiale per la Sanità, al fine di ridurre il pericolo di danni acuti e cronici e per assicurare un ulteriore margine di sicurezza, raccomanda rispettare i seguenti valori di esposizione all'ozono:

- Al massimo 150 - 200 mg/m³ per esposizione di 10ra
- Al massimo 100 - 120 mg/m³ per esposizione di 8 ore

Prova rispondere a queste domande

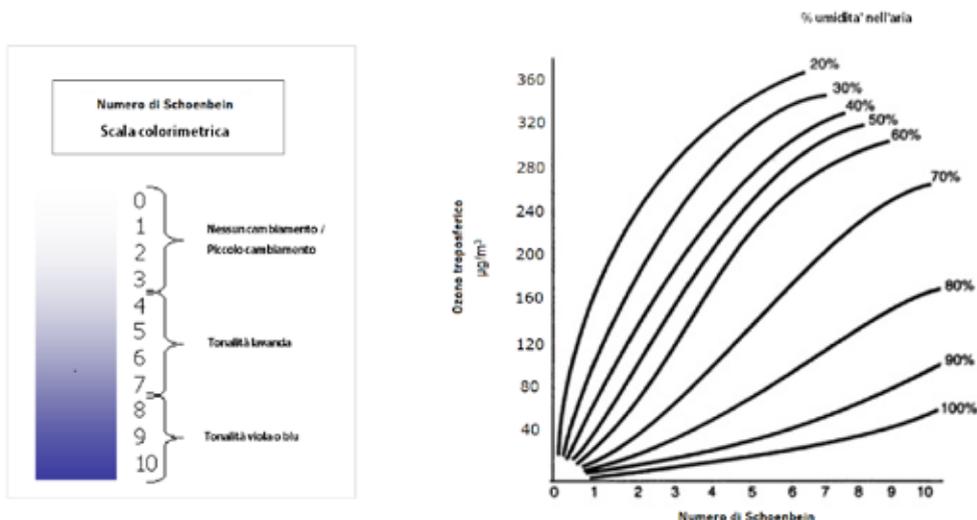
- 1 Quali sono le aree più inquinate dall'ozono?
- 2 In che modo le condizioni atmosferiche influiscono sulla quantità di ozono troposferico?
- 3 Basandoti sulle informazioni che già conosci, credi che l'ozono sia un problema principalmente estivo o invernale?
- 4 Quali credi che siano le persone più sensibili ai problemi dell'inquinamento atmosferico legato all'ozono?
- 5 In che modo, secondo te, è possibile agire per ridurre la quantità di ozono presente in città?



Per ulteriori informazioni,
dai un'occhiata al video dell'esperimento a questo link!

→ www.youtube.com/watch?v=IE8Ggzv3oSo

STIMA DELL'OZONO TROPOSFERICO
(parti per miliardo)



A caccia di inquinanti nel cielo. Come rilevare l'ozono troposferico



Fondazione
Umberto Veronesi
– per il progresso
delle scienze