

# تلوث الهواء



يمكننا أن نعيش 40 يوماً بلا طعام و4 أيام بلا ماء، لكننا نموت بعد 4 دقائق بلا هواء

الوقود لتوليد الحرارة والطاقة، وبذلك تستهلك الأوكسجين وتطلق كثيراً من ثاني أكسيد الكربون وغازات وجزيئات أخرى ملوثة في الهواء.

حرق النفط والغاز والفحم هو المسبب الرئيسي لتلوث الهواء، وإذا أحرقنا كميات أقل من أنواع الوقود هذه (التي تدعى الوقود الأحفوري) فعندئذ نخفض التلوث. ولا بد من اعتماد أساليب الكفاءة، للحصول على كمية أكبر من الطاقة عن طريق حرق كمية أقل من الوقود. وهناك كثير من القوانين التي يمكن أن تضبط كمية الملوثات التي يجوز أن ينتجها مصنع أو سيارة. كما يمكننا أن نستعمل مصادر طاقة أنظف، مثل طاقة الشمس أو الرياح أو المياه. فهذه المصادر البديلة تتسبب في تلوث أقل، وهي متجددة، أي أنها لا تنضب. أما الوقود الأحفوري فهو غير متجدد وسوف ينضب في يوم من الأيام.

نحن نستنشق الهواء في كل لحظة من كل يوم. الهواء النظيف ضروري للحياة. وهو خليط من الغازات، خصوصاً الأوكسجين والنيتروجين، مع كميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى وبخار الماء. لا لون للهواء ولا رائحة، إلا عندما يتلوث، وعندئذ يؤثر في صحة البشر والحيوانات والنباتات، حتى أنه قد يضر بالمباني. وتنتج المصانع ومحطات الطاقة ووسائل النقل معظم التلوث في هوائنا، إذ تطلق سنوياً ملايين الأطنان من الغازات الضارة والسخام والأبخرة الكيميائية السامة في البيئة.

كل الأوكسجين في هوائنا يأتي من الأشجار والنباتات الأخرى، فهي تمتص ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتستعمله لصنع الغذاء، مطلقة الأوكسجين أثناء قيامها بذلك. الحيوانات تستنشق الأوكسجين وتطلق ثاني أكسيد الكربون الذي تستعمله النباتات لصنع مزيد من الغذاء. لكن المصانع والمنازل تحرق

## 1. معلومات عامة

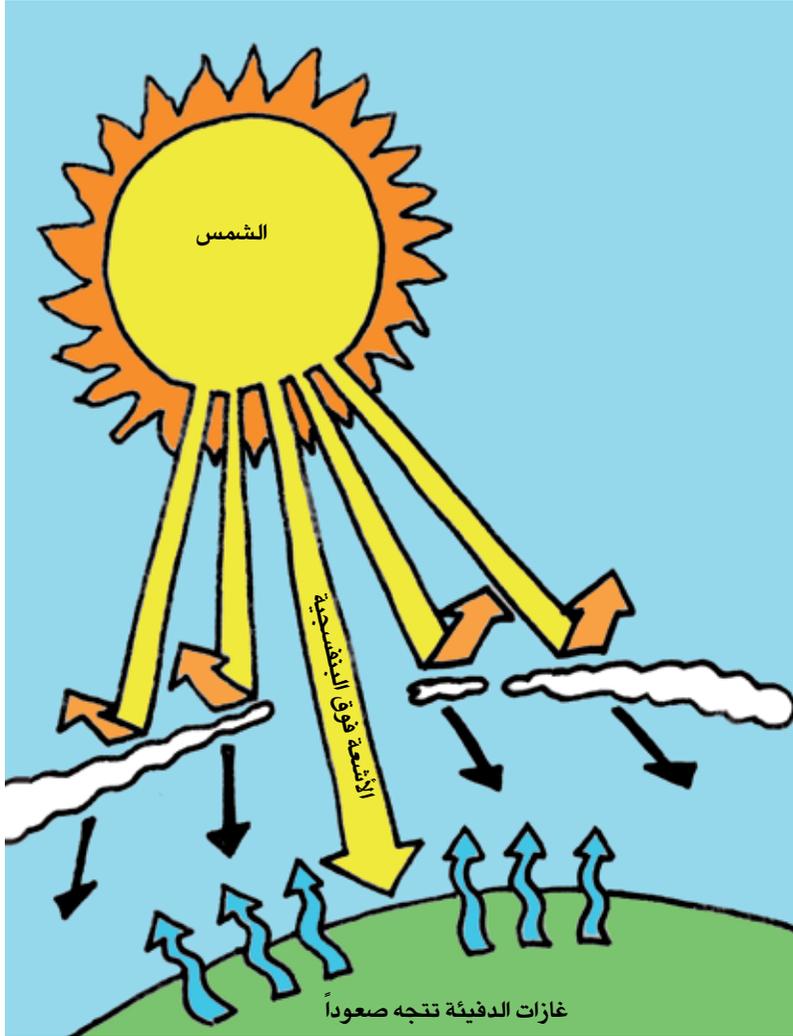
يحيط بالكرة الأرضية غلاف جوي، يسمى الهواء، يتكون أساساً من غازي النيتروجين والأكسجين، ويمتد إلى ارتفاع نحو 400 كيلومتر، وتقل كثافته كلما زاد الارتفاع. والهواء الجاف غير الملوث يتكون من 78% نيتروجين و21% أكسجين و0,9% أرغون، والبقية عبارة عن تركيزات شحيحة من غازات ثاني أكسيد الكربون (0,3%) والنيون والهيليوم والهيدروجين والميثان وغيرها، إضافة إلى بخار الماء. ولقد احتفظ الهواء المحيط بالكرة الأرضية بتركيبه شبه ثابتة طبيعياً على مر عصور جيولوجية طويلة. ولكن منذ عرف الإنسان النار واستخدم مصادر الطاقة المختلفة، ومع الثورة الصناعية، بدأت تنبعث في الهواء كميات هائلة من الغازات، خصوصاً ثاني أكسيد الكربون، محدثة خللاً متزايداً في التوازن الطبيعي لتركيبه الهواء. ويعتبر ثاني أكسيد الكربون «غاز الدفيئة» الأساسي الذي يتسبب في تغير المناخ، وينتج بشكل رئيسي من حرق الوقود في قطاعات الصناعة والنقل. ويؤدي ازدياد تركيزه في الجو، بالإضافة إلى غازات الدفيئة الأخرى مثل الميثان، والمواد المعروفة باسم كلوروفلوروكربون، وغازات أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والأوزون وأول أكسيد الكربون، إلى ظاهرة الاحتباس الحراري وارتفاع معدل درجات الحرارة العالمية. (لمزيد من المعلومات، يمكن مراجعة الفصل التالي حول تغير المناخ).

في السنوات الأخيرة ازداد قلق الناس في أنحاء العالم من تدهور نوعية الهواء والتأثيرات المحلية والعالمية المرتبطة به. وقد تكون التأثيرات على صحة البشر الأكثر حدة، لأن الرئتين اللتين تحويان أنسجة حساسة جداً تستقبلان يومياً نحو 15 كيلوغراماً من الهواء، بالمقارنة مع نحو 2,5 كيلوغرام من الماء و1,5 كيلوغرام من الطعام يستقبلها الجسم. وإضافة إلى ذلك، ينتشر الهواء الملوث لمسافات بعيدة، وعملياً لا يمكن تجنبه. كما أن التأثيرات العالمية لظواهر ذات علاقة بتلوث الهواء، مثل تغير المناخ وثقب الأوزون، ثبت أن لها عواقب منذرة بأخطار. هذا ما دفع الحكومات والسلطات المحلية، خصوصاً في البلدان الصناعية، إلى النظر في هذه المسائل بمزيد من الجدية، فبادرت إلى فرض حدود ومقاييس لأنواع الانبعاثات المختلفة وتنفيذ إجراءات لتخفيض تلوث الهواء إلى مستويات مقبولة.

أظهرت دراسات أجرتها منظمات وطنية ودولية أن الكلفة السنوية لجميع جوانب تدهور نوعية الهواء قد تصل إلى 2% من الناتج المحلي الإجمالي في البلدان المتقدمة، وأكثر من 5% في البلدان النامية. وتشمل هذه التكاليف الوفيات والأمراض المزمنة والعلاج في المستشفيات وانخفاض إنتاجية العمال والمزارعين ونقصان حاصل الذكاء وانخفاض الرؤية نتيجة تلوث الهواء.

تلوث الهواء هو الحالة التي يكون فيها الهواء محتوياً على مواد غريبة، أو عندما يحدث تغيير في نسب مكوناته، مما يربط آثاراً ضارة بصحة الإنسان أو بمكونات بيئته. وتنقسم مصادر تلوث الهواء إلى قسمين: الأول، المصادر الطبيعية مثل الغازات والغبار الناتج من ثورات البراكين ومن حرائق الغابات الطبيعية والأترربة الناتجة من العواصف. والمصدر الثاني نتيجة لأنشطة الإنسان على سطح الأرض، فاستخدام الوقود في الصناعة ووسائل النقل وتوليد الكهرباء وغيرها من الأنشطة يؤدي إلى انبعاث غازات مختلفة وجسيمات دقيقة في الهواء. وهذا النوع





فيسبب ترسبه في الجسم أمراض الكلى ويؤثر في الجهاز العصبي والدماغ ويؤدي إلى زيادة التخلف العقلي والتشنجات ونوبات التغيرات السلوكية وغيرها. وقد تؤدي ألياف الأسبستوس (أميانت) إلى الإصابة بسرطان رئوي.

تلوث الهواء ليس مقصوراً على الهواء الخارجي (خارج المباني) وإنما يحدث أيضاً في الهواء الداخلي. وبينت الدراسات ارتفاع تركيزات ملوثات مختلفة داخل المباني، منها دخان السجائر والغبار والمواد الكيميائية المنبعثة من السجاد الصناعي (الموكيت) والدهانات وغيرها، إلى جانب الملوثات الناتجة من حرق الوقود للأغراض المنزلية، وفطريات العفن والفيروسات والبكتيريا وحبوب اللقاح وغيرها. ويعتبر التدخين من أهم مصادر تلوث الهواء الداخلي، وهو لا يلحق ضرراً بالمدخنين

من التلوث مستمر باستمرار أنشطة الإنسان، ومنتشر بانتشارها على سطح الأرض وخصوصاً في التجمعات السكانية، وهو التلوث الذي يثير الاهتمام والقلق لأن مكوناته وكمياته أصبحت متنوعة وكبيرة إلى درجة أحدثت خللاً ملحوظاً في التركيب الطبيعي للهواء.

أهم ملوثات الهواء الشائعة هي أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات والجسيمات العالقة (مثل الأتربة والغبار والدخان وريزان مواد مختلفة). هذه الملوثات تنتج أساساً من حرق الوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) وكذلك من حرق الخشب والمخلفات الزراعية. وبالإضافة إلى هذه الملوثات الشائعة، التي يجري رصدها بصورة دورية في عدد من الدول، كشفت البحوث العلمية عن انبعاث مئات المركبات غير العضوية والعضوية بتركيزات شحيحة في الهواء نتيجة أنشطة الإنسان المختلفة. فقد وجد نحو 260 مركباً كيميائياً في هواء بعض المدن الأميركية والأوروبية، بعضها شديد التفاعل مع المركبات الأخرى.

يختلف مصير الملوثات المنبعثة في الهواء من مكان إلى آخر طبقاً للظروف الجوية السائدة حول مصادر التلوث. ففي بعض الأماكن، قد تساعد سرعة الرياح على نقل الملوثات مسافات بعيدة (وبالتالي تخفيف تركيزاتها)، وفي أماكن أخرى قد لا يحدث هذا. ولذا فإن التركيزات النهائية للملوثات المختلفة في الهواء لا تعتمد فقط على الكميات المنبعثة ولكن أيضاً على الظروف الجوية المحلية.

تؤثر ملوثات الهواء في صحة الإنسان بدرجات مختلفة، طبقاً لتركيزاتها، والجرعات التي يتعرض لها الإنسان، وفترات التعرض، وحالته الصحية العامة وسنه وجنسه، وعوامل أخرى. فالهيدروكربونات مثلاً تسبب اضطرابات في الجهاز التنفسي وتزيد احتمالات الإصابة بسرطان الدم. ويؤثر غاز الأوزون على العينين وعلى وظائف الرئتين والقلب. أما أكاسيد الكبريت والنيتروجين فهي تؤدي إلى ضيق التنفس وأمراض رئوية مزمنة وإضعاف مناعة الجسم. ويحد أول أكسيد الكربون من قدرة الدم على نقل الأوكسجين، وبهذا قد يسبب أضراراً في خلايا الدماغ أو اختناقاً، كما يؤثر في الدورة الدموية والجهاز العصبي. أما الرصاص

الحدود الوطنية الى دول مجاورة، أصبحت ظاهرة التلوث الحمضي مشكلة اقليمية، خصوصاً في أوروبا وشمال شرق الولايات المتحدة. وللأمطار الحمضية تأثيرات سلبية على المجمعات المائية والغابات والزراعات المختلفة والحياة البرية. وقد أثبتت الدراسات التي أجريت خلال العقود الثلاثة الماضية أن زيادة حموضة مياه البحيرات تؤدي الى اذابة بعض العناصر من الرسوبيات فيها، مما يؤدي الى ارتفاع تركيزات هذه العناصر في الكائنات المائية إلى درجة القضاء عليها، خصوصاً الأسماك، وهذا يضر بها وبالانسان الذي يتناولها. من ناحية أخرى، تؤدي زيادة بعض العناصر مثل الرصاص والزنك والنحاس والكاديوم في مياه البحيرات وفي المياه الجوفية المرتبطة بها الى آثار سلبية على نوعية مياه الشرب المأخوذة من هذه المصادر. وتؤثر الأمطار الحمضية أيضاً في المواد والمباني والآثار وغيرها من منشآت معدنية وحجرية.

من ظواهر تلوث الهواء أيضاً الهجوم الذي تتعرض له طبقة الأوزون الستراتوسفيرية (على ارتفاع ما بين 12 و55 كيلومتراً عن سطح الأرض) من مواد كيميائية كمركببات الكلوروفلوروكربون. وهذه المركبات شائعة الاستعمال كغازات تبريد في التلاجات ومكيفات الهواء، وكمذيبات في أجهزة إزالة الشحوم والتنظيف، وكمادة نفخ في إنتاج الرغوة المطفئة المستخدمة في مطافئ الحرائق، وغيرها من الاستخدامات. تعمل هذه المواد الكيميائية على ترقيق طبقة الأوزون، فتحدث «ثقوباً» في أماكن تسمح لأشعة الشمس بالوصول الى مستوى سطح الأرض من دون أن تصفى منها الإشعاعات ما فوق البنفسجية الضارة، مؤدية الى مزيد من حالات حروق الشمس وسرطان الجلد وإعتام عدسة العين، ويمكن أن تعيق نظام المناعة عند الانسان. ومن دون «طبقة الأوزون الستراتوسفيرية» يصبح من الصعب جداً علينا أن نعيش على الأرض. ومن حسن الحظ، توافرت في السنوات الأخيرة بدائل لمركبات الكلوروفلوروكربون التي يلغى استعمالها على مراحل، بينها برامج ناجحة في عدد من الدول العربية.

جدير بالذكر أن غاز الأوزون يتواجد على مستويين، يكون مفيداً في أحدهما وضاراً في الآخر. فبعكس طبقة الأوزون الستراتوسفيرية العالية في الجو التي تعتبر طبقة وقائية تصفى الاشعاعات ما فوق البنفسجية

## نشاط مدرسي نموذجي: مسرحية بيئية حول تلوث الهواء

فازت مدرسة أم عمارة الثانوية في الأردن بجائزة أفضل عرض مسرحي متكامل، خلال مهرجان المسرح البيئي الذي نظّمته جمعية البيئة الأردنية عام 2009. وطرحت مسرحية «بيئتنا الجميلة» التي قدمتها طالبات المدرسة أهمية اعتماد المصانع الإجراءات الوقائية لحماية البيئة، عبر التخفيف من انبعاثات الغازات التي تلوث الهواء وتؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة، إضافة إلى أهمية إقامة المصانع في المدن الصناعية بعيداً عن المناطق الزراعية والمأهولة بالسكان.



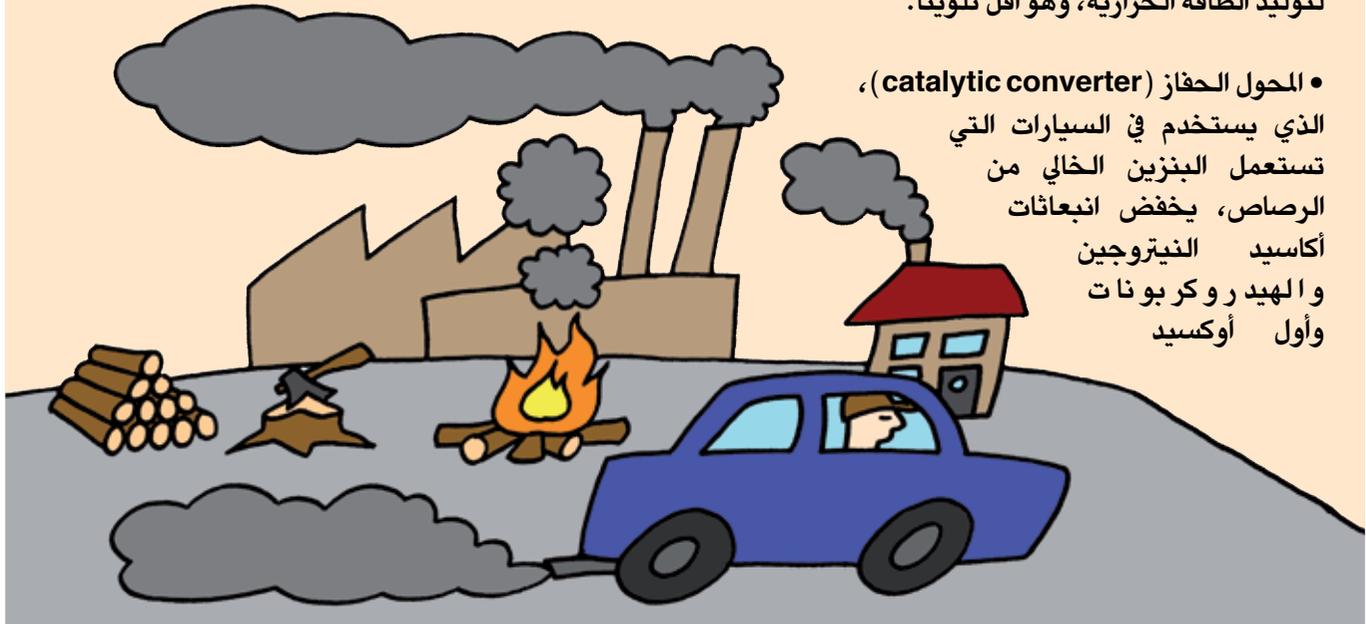
فحسب، انما أيضاً بغير المدخنين الذين يتعرضون لدخان التبغ، وهذا ما يعرف بالتدخين السلبي، أي استنشاق الدخان من دون أن يكون الشخص مدخناً.

## المطر الحمضي وترقق طبقة الأوزون

من ظواهر تلوث الهواء «التلوث الحمضي» الذي ينتج من انبعاث أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات والأوزون، إما بمفردها وإما مجتمعة. وعندما يصاحب التلوث الحمضي مياه الأمطار يهطل «المطر الحمضي». ونظراً لأن ملوثات الهواء قد تنتقل بفعل الرياح مسافات بعيدة، وقد تعبر

## حقائق عن تلوث الهواء

- قدرت منظمة الصحة العالمية وفاة نحو مليوني شخص سنوياً حول العالم قبل الأوان من جراء تلوث الهواء.
- المصادر الرئيسية للملوثات الهواء هي المصانع ومحطات إنتاج الطاقة ووسائل النقل.
- أكثر المناطق عرضة لتلوث الهواء هي نقاط ازدحام السير ومحيط المنشآت الصناعية ومحطات توليد الكهرباء. تنبعث من هذه المصادر مواد مؤذية للإنسان، مثل غازات أكاسيد الكبريت SOx وأكاسيد النيتروجين NOx والأوزون O<sub>3</sub> وأول أكسيد الكربون CO وثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> وجسيمات على هيئة غبار ودخان وضباب، تشكل الملوثات الهوائية.
- بحلول سنة 2030، يتوقع أن يتجاوز عدد سكان المدن العربية 300 مليون نسمة. وقد أدى تركيز السكان في مناطق مدينية، بين مشاكل أخرى، الى ازدياد تلوث الهواء.
- زيادة الطلب على الكهرباء في بعض البلدان العربية أعلى من المعدل العالمي. وتجدر الإشارة الى أن الغالبية العظمى لمحطات الطاقة العاملة هي حرارية، وتشغل في معظمها بمشتقات زيت الوقود، ما يزيد تلوث الهواء. ومؤخراً بدأت مرافق كهربائية عدة في المنطقة استعمال الغاز الطبيعي لتوليد الطاقة الحرارية، وهو أقل تلويثاً.
- المحول الحفاز (catalytic converter)، الذي يستخدم في السيارات التي تستعمل البنزين الخالي من الرصاص، يخفض انبعاثات أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات وأول أكسيد
- الكربون بتحويل هذه الغازات الى غازات أقل ضرراً.
- تتفاقم مشكلة تلوث الهواء مع زيادة مصادر التلوث وقطع الأشجار التي تمتص ثاني أكسيد الكربون وتزودنا بالأوكسجين وتنقي الهواء.
- تؤدي ملوثات الهواء الى أضرار بيئية كبيرة تصيب النظم الايكولوجية البرية والبحرية، مع الكائنات النباتية والحيوانية المرتبطة بها.
- أثر الملوثات الهوائية مدمر لصحة الانسان ويهدد كل أجهزة الجسم، مؤدياً الى التهاب الحنجرة والسعال وأمراض الجلد والقلب والرئة والحساسية والربو والسرطان وممتداً الى الكبد والدورة الدموية والأعصاب وحتى الى القدرة على التفكير.
- الأطفال الذين يعيشون قرب طرقات مزدحمة يكون خطر تعرضهم لمشاكل تنفسية ضعفي الخطر الذي يتعرض له أطفال يعيشون قرب طرقات أقل ازدحاماً.
- التدخين وحرق الفحم والحطب داخل المنازل يلوثان الهواء الداخلي ويسببان مشاكل تنفسية حادة لدى الأطفال، مثل الربو، وأمراضاً رئوية وقلبية وسرطانية ووفيات قبل الأوان للبالغين.



## نشاط مدرسي نموذجي: طلاب يتظاهرون ضد التلوث في الكويت

أمام المدرسة الرئيسية في المنطقة، لمطالبة الحكومة باتخاذ إجراءات سريعة لحل المشاكل الصحية الناجمة عن التلوث. وقال رئيس لجنة حماية البيئة في المنطقة: «هناك زيادة كبيرة في نسب الإصابة بالأمراض المرتبطة بالتلوث بين سكان المنطقة البالغ عددهم 45 ألف نسمة. في العام الماضي ارتفع العدد الى 8 آلاف، أي 18 في المئة من السكان. وعدد الاصابات بالأمراض الصدرية يزيد 19 ضعفاً عما هو في أي منطقة أخرى».

شارك آلاف الطلاب في جنوب الكويت في إضراب احتجاجاً على التلوث الناجم عن المنشآت النفطية القريبة من مدارسهم. وقد دعت الهيئة المركزية لحماية البيئة الى هذا الاضراب الذي حظي بتغطية اعلامية كبيرة، وشمل مدينة علي الصباح السالم التي تبعد 55 كيلومتراً جنوب العاصمة وتحيط بها مئات المنشآت النفطية. بقي كل الطلاب، وعددهم 15 ألفاً، في بيوتهم. وتحدى نحو 200 من الطلاب والأهالي الأمطار الغزيرة غير المعتادة للجمع

الكهربائية، والتخلص من النفايات الصلبة والخطرة بطرق غير مناسبة.

في مصر، سجلت القياسات داخل المناطق المدنية وقرب المجمعات الصناعية مستويات تلوث تجاوزت أحياناً 8 أضعاف الحدود التي وضعها القانون البيئي في البلاد. أما في سورية، فيسبب قطاع النقل نحو 70% من تلوث الهواء في المدن، وتعتبر أجهزة التدفئة التي تعمل بالديزل ثاني أكبر مصدر للملوثات، كما أنها تلوث الهواء بشدة بثاني أكسيد الكبريت. أما في لبنان، فتعتبر محطات إنتاج الطاقة ومولدات الكهرباء الخاصة، التي تعتمد إجمالاً على الوقود المستورد، مصدراً رئيسياً لتلوث الهواء، بالإضافة إلى القطاع الصناعي وقطاع النقل. وفي البحرين والجزائر والأردن، يعتبر قطاع النقل المصدر الرئيسي لتلوث الهواء. أما في السعودية فتعزى المشكلة أساساً إلى محطات التكرير ومحطات الطاقة ووسائل النقل. ومصادر تلوث الهواء الرئيسية في المغرب هي الصناعة والتعدين والنقل والزراعة. وفي فلسطين لا وجود لمحطات مراقبة وبالتالي لا بيانات موثوقة، ولا قدرة مؤسساتية على تفسير البيانات واتخاذ الاجراء المناسب.

أما في الإمارات العربية المتحدة، فتلوث الهواء هو أساساً في المدن الكبرى مثل أبوظبي ودبي والشارقة، ومن مصادره حركة السير المتزايدة والرمال التي تذررها الرياح وأعمال البناء التي تثير كثيراً من الغبار. وتعاني اليمن من تلوث هوائي ينبعث أساساً من وسائل النقل ومحطات الطاقة الكهربائية والصناعات المسرفة في استهلاك الطاقة. وفي تونس يساهم قطاعا الطاقة الكهربائية والنقل بشكل رئيسي في تلوث الهواء.

الضارة الصادرة عن الشمس وتعمل كمظلة لكوكبنا، يعتبر الأوزون الموجود على مستوى سطح الأرض غازاً ملوثاً وضاراً بصحة البشر.

يتكون الأوزون في طبقة الجو السفلى القريبة من سطح الأرض من تفاعل أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات المنبعثة من حرق الوقود، في وجود الشمس والحرارة، في ما يعرف بالتفاعلات الكيميائية الضوئية. ويزداد تركيز هذا الأوزون السطحي مع ازدياد أعداد السيارات. وهو يعتبر من ملوثات الهواء الخطرة، إذ يسبب التهاباً في العينين والحنجرة والرئتين، كما يؤدي إلى تراجع القدرة على التفكير والتركيز. والأشخاص المصابون بالربو شديداً الحساسين للأوزون. ويؤثر الأوزون في نمو النباتات ويسبب أضراراً مختلفة للغابات.

### تلوث الهواء في المنطقة العربية

معظم البلدان في المنطقة العربية، خصوصاً العواصم والمدن الكبرى، تعاني درجات مختلفة من تلوث الهواء. ووفقاً لتقرير «توقعات البيئة العالمية» الصادر عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة، تعاني مدن مثل صنعاء ودمشق والقاهرة وبغداد والمنامة من مستويات تلوث هوائي تفوق أحياناً الخطوط التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية بأضعاف. وعلى رغم أن بلداناً عربية قليلة تراقب مستويات تلوث الهواء منهجياً، فإن البيانات والتقارير المتوافرة تشير إلى أن المصادر الرئيسية لتلوث الهواء تشمل الانبعاثات من وسائل النقل، والعمليات الصناعية، وحرق مشتقات النفط لإنتاج الطاقة

الوقود. وتنفث محركات الديزل ثاني أكسيد الكبريت والجزيئات الدقيقة، مثلما تفعل محطات الطاقة الحرارية ومحطات تكرير النفط ومصاهر المعادن ومصانع الأسمدة والاسمنت ومحطات تحلية مياه البحر، وهي كلها تساهم الى حد بعيد في تدهور نوعية الهواء. وتنفث المجمععات الصناعية ومرافق التصنيع غازات تشتمل على ثاني أكسيد الكربون والميثان والمركبات العضوية المتطايرة وأكاسيد النيتروجين. وأظهرت دراسات حديثة أن البلدان الخليجية تنفث نحو 50% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في البلدان العربية (254 مليون طن من الكربون سنوياً)، وأن السعودية ومصر

نحو 90% من إجمالي انبعاثات أول أكسيد الكربون في البلدان العربية ناتجة من وسائل النقل. ويقدر أن البلدان العربية تنفث مجتمعة نحو 16 مليون طن من أول أكسيد الكربون في السنة. وتنفث أساطيل المركبات العربية 1,1 مليون طن من أكاسيد النيتروجين في السنة. وينشأ ما بين 70% و80% من إجمالي انبعاثات الهيدروكربونات من قطاع النقل. وما زال الرصاص، الذي يستعمل كمادة تضاف الى البنزين، يستأثر بأكثر من نصف مجموع الانبعاثات الرصاصية الجوية في البلدان العربية ونحو 100% في المناطق الحضرية، مع الإشارة إلى أن معظم البلدان العربية تعتمد برامج لمنع الرصاص في

### نشاط مدرسي نموذجي: مدارس أبوظبي المستدامة تفحص هواءها

لتمكين الطلاب من التعرف على القضايا البيئية الهامة التي لم يتم تناولها في المناهج الدراسية، وإكسابهم المهارات العلمية والعملية من خلال الرحلات البيئية والأنشطة الميدانية.

وقال المنسق البيئي في مدرسة النهضة الوطنية الخاصة للبنين: «من خلال إجراء التدقيق البيئي وجدنا أن مدرستنا تستهلك 59,000 لتر من المياه يومياً لري المناطق الخضراء المزروعة فيها. وهذه كميات كبيرة بالفعل. ونأمل أن تساهم نتائج هذا التدقيق البيئي، الذي يشمل الاعتبارات المتصلة بالمياه والهواء والطاقة والنفايات، في توعية طلابنا بحجم الموارد الطبيعية التي نهدرها بشكل يومي من دون أن نشعر، وتشجيعهم على القيام بالإجراءات المناسبة للحد من هدرها سواء في المدرسة أو في المنزل».

أنجزت عشرات المدارس في أبوظبي قياس جودة الهواء المحيط بمبانيها، وذلك في إطار التزامها بتنفيذ «مبادرة المدارس المستدامة» التي أطلقتها هيئة البيئة - أبوظبي والهادفة الى تعزيز السلوك البيئي الإيجابي لدى الطلاب وتقليل البصمة البيئية للمدراس.

تم رصد تركيز الملوثات عبر شبكة محطات رصد الهواء التي يديرها المعهد النروجي لأبحاث الهواء في إمارة أبوظبي. وقام مهندسو المعهد بمساعدة الطلاب في قراءة بيانات ملوثات الهواء، التي تشمل ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأوزون والجزيئات العالقة والرصاص، وهي عادة مصحوبة بمخاطر صحية.

كما قامت هذه المدارس بقياس بصمتها البيئية من حيث استهلاك المياه والطاقة وكمية النفايات المتولدة عن المدرسة، تمهيداً لاتخاذ الإجراءات ووضع للخطط والبرامج اللازمة للحد من التأثيرات البيئية ووضع أهداف محددة لتحقيقها سنوياً.

ويعتبر هذا «التدقيق البيئي» من العناصر الإلزامية للمشاركة في مبادرة المدارس المستدامة، إضافة الى بناء قدرات المعلمين لتنفيذ متطلباتها، مثل إنشاء وإدارة النوادي البيئية المدرسية



حرق الوقود لانتاج الكهرباء وتشغيل المصانع والسيارات هو السبب الرئيسي لتلوث الهواء. وللدخول من هذه المشكلة، على الحكومات التخلص من دعم أسعار الوقود، وإدخال هيكلية ضريبية ملائمة، ودعم تكنولوجيات الطاقة المتجددة كالطاقة المائية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وحفز المواطنين والقطاعات المختلفة على الاقتصاد في استهلاك الطاقة. كما يجب وضع قوانين إلزامية للبناء تأخذ في الاعتبار تصاميم مقتصدة بالطاقة. وفي القطاع الصناعي، ينبغي التوسع في استعمال تكنولوجيات استعادة الحرارة المهدورة وضوابط العمليات الآلية، خصوصاً في الصناعات المسرفة في استهلاك الطاقة مثل مصانع الاسمنت والفلولاذ والزجاج، وهذا جزء رئيسي من مفهوم «الانتاج الأنظف». أما في قطاع النقل، فينبغي ترويج تكنولوجيات أكثر كفاءة في استهلاك الوقود، مثل المركبات الكهربائية والسيارات الهجينة (هايبريد) التي تعمل على البنزين والكهرباء، وإدارة حركة السير في المدن لخفض استهلاك الوقود، وتطبيق فحوص سنوية صارمة على انبعاثات عوادم السيارات، وترويج النقل العمومي وأنواع الوقود الأنظف والمحركات الأكثر كفاءة.

والكويت والجزائر هي بين البلدان الخمسين الأوائل التي لديها قطاعات طاقة تنفث أعلى مستويات ثاني أكسيد الكربون.

## إجراءات للحد من تلوث الهواء

هناك نطاق واسع من الخيارات والاستراتيجيات التخفيفية لخفض تلوث الهواء، تختلف جدواها من بلد إلى آخر اعتماداً على الرفاه الاجتماعي والاقتصادي. لكن خيارات مثل وضع مقاييس لنوعية الهواء، وإقامة شبكات لمراقبة ملوثات الهواء، وزيادة الوعي لدى المواطنين وصانعي القرار، وتخصيص اعتمادات مالية كافية، يمكن تبنيها في معظم البلدان العربية. وقد اتخذ بعض البلدان خطوات ووضع أنظمة تهدف إلى حل مشكلة تلوث الهواء، مثل التحول إلى أنواع الوقود البديل في لبنان، وفرض فحوصات للمركبات على الطرقات بواسطة أجهزة متنقلة لتحليل الانبعاثات في مصر، ومراقبة نوعية الهواء في الامارات العربية المتحدة.

## 2. سلوكيات شخصية مسؤولة

• حافظ على محرك سيارتك في حالة جيدة لتخفيف انبعاثات الغازات الملوثة. وتحقق دوماً من ضغط الهواء في إطارات السيارة، فالضغط الصحيح يوفر نحو 5% من استهلاك الوقود، وهو أكثر أماناً.

• لا تحرق نفاياتك، فالغازات والجسيمات التي تطلقها النفايات المحروقة تلوث الهواء وتؤثر في صحتنا.

• احرص على تهوية الغرف باستمرار لتجنب تلوث الهواء الداخلي الناتج عن الأبخرة الكيميائية، خصوصاً في المكاتب وقرب ماكينات النسخ.

• امنع التدخين في المكتب والمدرسة والبيت، أو طالب بذلك، فدخان السجائر يلوث الهواء الداخلي وله تأثيرات صحية خطيرة على المدخن ومن حوله.

• ازرع اشجاراً في جوارك. انها تساعد في تنقية الهواء من الملوثات.

تلوث الهواء من المشاكل البيئية الخطيرة، وحلها يقتضي مشاركة الجميع. ولا بد من اتخاذ إجراءات مناسبة في أسرع وقت ممكن قبل فوات الأوان. يمكن لكل منا أن يغير ممارساته، سواء في المنزل أو في المدرسة أو العمل. وإذا تم الالتزام بالممارسة الحسنة، فمن المؤكد أن آثار تلوث الهواء ستكون أقل حدة. في ما يأتي بعض الممارسات الفردية التي تساهم في تخفيف تلوث الهواء:

• لا تهدر الطاقة. يتم انتاج معظم الطاقة بحرق الوقود الأحفوري، كالفحم والنفط والغاز. والاقتصاد في استهلاك الطاقة لا يوفر المال فقط، بل يخفض تلوث الهواء أيضاً.

• استخدم المصابيح والأجهزة الأقل استهلاكاً للطاقة.

• حاول ألا تستخدم سيارتك للمسافات القصيرة، وامش أو استخدم وسائل النقل العام.

## 3. اختبر معلوماتك حول تلوث الهواء

ضع علامة صح (✓) أو خطأ (X) أمام الجمل الآتية:

1. \_\_\_\_\_ ينتشر الهواء الملوّث لمسافات بعيدة، وعملياً لا يمكن تجنبه كلياً.
2. \_\_\_\_\_ أحد الأسباب الرئيسية لتلوث الهواء استخدام الإنسان للوقود الأحفوري.
3. \_\_\_\_\_ لا تؤثر ملوثات الهواء على صحة الإنسان.
4. \_\_\_\_\_ المطر الحمضي ظاهرة بيئية تتمثل بهطول أمطار مصحوبة بملوثات ضارة مصدر معظمها المصانع.
5. \_\_\_\_\_ غاز الأوزون مفيد للبشر أينما كان في الغلاف الجوي.
6. \_\_\_\_\_ غاز أول أكسيد الكربون من أهم ملوثات الهواء وينتج أساساً من حرق الوقود الأحفوري.
7. \_\_\_\_\_ لا علاقة بين عدد السكان وتلوث الهواء.
8. \_\_\_\_\_ يشكل استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون عاملاً أساسياً لحماية طبقة الأوزون.
9. \_\_\_\_\_ تؤدي زيادة تركيزات الرصاص في الهواء إلى أمراض في الجهاز العصبي.
10. \_\_\_\_\_ دعم الحكومات لأسعار الوقود يساعد في حل مشكلة تلوث الهواء.

## الأجوبة الصحيحة:

10. ج	1. ج
9. ج	2. ج
8. ج	3. ج
7. ج	4. ج
6. ج	5. ج
5. ج	6. ج
4. ج	7. ج
3. ج	8. ج
2. ج	9. ج
1. ج	10. ج

## 4. نشاطات تطبيقية حول تلوث الهواء

## النشاط 1: التأثيرات الضارة للمطر الحمضي

## الهدف:

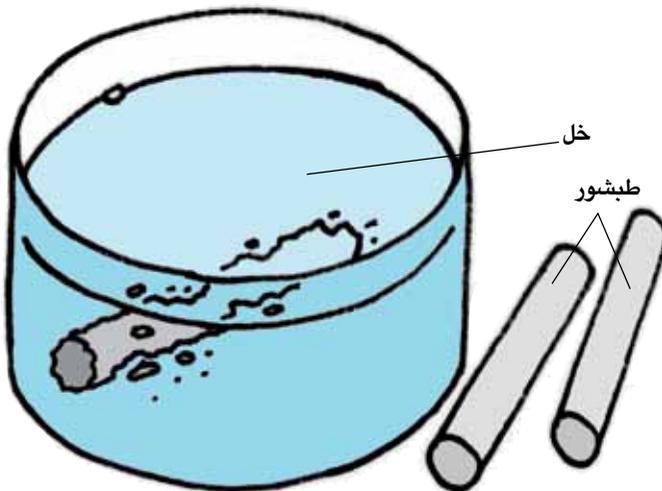
أن يصبح التلميذ مدركاً لآثار المطر الحمضي الضارة.

## ما تحتاج اليه:

- خل
- ماء
- طبشور
- قطعتان من قشور البيض
- ورقتان خضراوان صغيرتان
- مشبك ورق معدنيان ووعاءان مع غطاءيهما

## ماذا تفعل:

1. قبل مباشرة النشاط، فكّر في بعض التوقعات. إذا كان الخل يحتوي على حمض (أسيد)، فكيف إذاً ستتغير بعض الأشياء التي نضعها فيه؟ وإذا وضعت هذه الأشياء في الماء، فهل تتغير بالطريقة نفسها التي تتغير بها وهي في الخل؟



**النتائج:**

في وعاء الماء لا تبدو على الأشياء تغيرات ملحوظة. وفي وعاء الخل تصبح قشرة البيضة لينية، وتتآكل قطعة الطباشيرة، وتظهر على الورقة بقع بنية اللون، ولا يظهر على مشبك الورق تغير ملحوظ. هذا النشاط يدل على أن المحاليل الحمضية يمكن أن تكون ضارة.

ناقش التآكل البطيء الذي يصيب التماثيل والمباني بسبب المطر الحمضي الخفيف الذي يسقط عليها. وإذا كان الحجر كلسياً أو يحوي مادة كلسية، فإن التآكل يكون أسرع.

3. اسكب ماء في الوعاء الآخر، وضع فيه قطعة من قشر البيض وقطعة طباشيرة وورقة ومشبك ورق.

4. ضع الغطاء على الوعاء.

5. دع الوعاءين طوال الليل.

6. في اليوم التالي، ارفع غطاءي الوعاءين. لاحظ أية تغييرات حدثت فيهما. دَوِّن ملاحظاتك.

**النشاط 2: الشمعة المحترقة تنتج جسيمات ملوثة****الهدف:**

إظهار أثر حرق الوقود في الغلاف الجوي.

**ما تحتاج اليه:**

- شمعة
- عيدان ثقاب
- طبق مقاوم للحرارة

**ماذا تفعل:**

1. أضئ الشمعة واحمل الطبق المقاوم للحرارة فوق الجزء الأصفر من اللهب لمدة 30 ثانية.
2. حرّك الطبق من جانب الى آخر في أثناء ذلك.
3. الآن انظر الى أسفل الطبق.

**ملاحظة:**

الكربون السخامي الأسود الذي يتجمع على أسفل الطبق ينتج عندما يحترق الشمع. وجسيمات الكربون تنطلق عادة في الهواء، لذلك لا تراها. وتنتج أيضاً غازات من الاحتراق، لكنك لا تراها أيضاً.



### النشاط 3: جمع عينات الجسيمات الملوثة

البياني بشريط لاصق، على أن يكون الجانب الدبق نحو الأعلى. أبقِ الظهارة الواقية على الورقة اللاصقة. هذه هي الأداة التي ستستعملها لجمع عينات الجسيمات الملوثة.

2. ضع الأداة في الخارج على سطح منسبط، ويفضل أن تكون أعلى من سطح الأرض بمتراً أو مترين. وقد يترتب عليك تثبيتها إذا كان الهواء عاصفاً. أزل الظهارة الواقية. تأكد من أن الورقة اللاصقة مثبتة جيداً بالشريط اللاصق في أسفل لوح الكرتون.

3. بعد تعريض الأداة مدة 24 ساعة في الخارج (قد تلزم مدة أطول لأخذ العينات)، اقلب ورقة الرسم البياني على سطح جميع العينات بحيث تكون الشبكة نحو الأسفل، وأعد الأداة إلى المدرسة.

4. انزع أداة جمع العينات عن لوح الكرتون، وشاهد الجسيمات من الجانب الخلفي للورقة اللاصقة. باستعمال عدسة مكبرة، أخص عدد الجسيمات الموجودة في عشرة مربعات يتم اختيارها عشوائياً على شبكة ورقة الرسم البياني. اختر المربعات بالقاء حجري النرد (الزهر). إذا جاء الرقمان 2 و5 مثلاً، يكون المربع المختار في العمود الثاني مع الصف الأفقي الخامس.

حتى أثناء ليل صافٍ، توجد جسيمات صغيرة كثيرة في الجو. ترتفع جسيمات الغبار في الهواء بفعل الريح. وتنتج جسيمات أخرى من عمليات الاحتراق، فتنبعث من السيارات وأجهزة التدفئة والمصانع وحرائق الغابات والانفجارات البركانية ومصادر أخرى متنوعة، بما في ذلك نحو 100 طن من غبار النيازك والمذنبات تسقط يومياً على الأرض من الفضاء. وتبدد جسيمات الغبار بعض الضوء الذي يأتي عبر الغلاف الجوي من الفضاء.

ما تحتاج إليه:

- ورقة لاصقة شفافة (14 سنتيمتراً مربعاً).
- ورقة رسم بياني، كل مربع بعرض سنتيمترين.
- لوح كرتون أو خشب معاكس سماكته 6 مليمتراً (ربع إنش) ومساحته 40 سنتيمتراً مربعاً.
- شريط سيلوفان.
- عدسة مكبرة.
- حجرانرد (زهر).

ماذا تفعل:

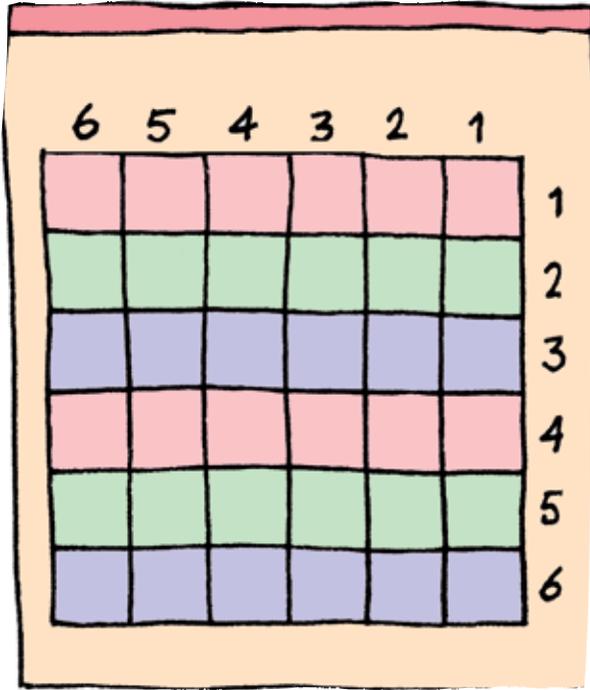
1. ثبت ورقة الرسم البياني على وسط لوح الكرتون بشريط لاصق. ثبت الورقة اللاصقة في أعلى ورقة الرسم



اقسم العدد الاجمالي للجسيمات على 10 لتحصل على متوسط العدد في كل مربع.

5. قارن متوسط أعداد الجسيمات بالأماكن التي وضعت فيها أدوات جمع العينات (قربها من المزارع والمصانع والطرق وسواها). اجمع متوسط عدد الجسيمات لجميع الأدوات، واقسمها على عدد الأدوات، للحصول على معدل «إقليمي» لمربع السنتيمترين. وباستعمال هذا المعدل، احسب مجموع عدد الجسيمات في مساحة كيلومتر مربع يكون محورها المدرسة. ماذا سيكون العدد لعشرة كيلومترات مربعة؟

ملاحظة: بسبب التباينات الواسعة في نوعية الهواء، أجر تجربة مسبقة لهذا الاختبار في المنطقة المجاورة لمدرستك، لمعرفة الوقت المناسب لتعريض أداة جمع العينات. وقد يتوجب تمديد فترة التعريض عدة أيام لظهور نتائج يمكن قياسها.



#### النشاط 4: التوعية حول تلوث الهواء

##### ماذا تفعل:

اذاقمت بالأفعال الآتية خلال الساعات الأربع والعشرين الماضية، أضف قطرة من ملون الطعام المناسب الى كوب الماء. بعض النشاطات قد لا تنطبق عليك (مثل طلاء الأظافر أو جزّ العشب)، لذلك لكل شخص كوب خاص به، لأن لكل شخص مساهمة خاصة في تلوث الهواء.

1. لقد استحممت وأصبحت مستعداً للذهاب الى المدرسة. أضف قطرة من ملون الطعام الأزرق وأخرى من الملون الأصفر الى كوبك. الأزرق: مركبات عضوية متطايرة تنبعث من الصابون والشامبو ومزيلات الروائح وسبراي الشعر والعطر وطلاء الأظافر. الأصفر: أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين وجسيمات  $PM_{10}$  وثاني أكسيد الكبريت تنبعث من حرق الوقود لتسخين ماء الاستحمام. تذكر أن سخانات الماء الكهربائية تعتمد على الاحتراق أيضاً، لأن الكهرباء مولدة في محطات الطاقة التي تحرق الوقود الأحفوري.

2. أنت تلبس قميصك المفضل الذي غسلته أمك. أضف نقطة ملون أصفر الى كوبك: مركبات عضوية

نادراً ما ندرك كيف تساهم نشاطاتنا اليومية في تلوث الهواء. الهدف من هذا الاختبار هو جعلك على علم بتلوث الهواء الذي تحدثه كل يوم.

كوب الماء النظيف أمامك يمثل هواء غير ملوث. سوف تضيف قطرات من ملونات الطعام الى الكوب لتمثل الأنواع المختلفة للملوثات في الهواء التي تسببها النشاطات اليومية. وسوف تستعمل الألوان الآتية لتمثل هذه الملوثات:

الأزرق: ملوثات من منتجات استهلاكية وطلاءات (مركبات عضوية متطايرة VOC).

الأخضر: ملوثات من المرج والحديقة ومعدات البناء (أول أكسيد الكربون CO، ثاني أكسيد النيتروجين  $NO_2$ ، جسيمات وغبار  $PM_{10}$ ، ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$ ، مركبات عضوية متطايرة).

الأحمر: ملوثات من السيارات والشاحنات ( $CO$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ , VOC).

الأصفر: ملوثات من محطات توليد الكهرباء والعمليات الصناعية ( $CO$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ , VOC).

## مواقع مفيدة على الانترنت

تقارير المنتدى العربي للبيئة والتنمية:

[www.afedonline.org](http://www.afedonline.org)

برنامج الأمم المتحدة للبيئة- الأوزون، الصحة والبيئة:

[www.unep.org/themes/ozone/](http://www.unep.org/themes/ozone/)

بروتوكول مونتريال:

[www.ozone.unep.org/Publications/MP\\_Handbook/](http://www.ozone.unep.org/Publications/MP_Handbook/)

اتفاقية فيينا لحماية طبقة الأوزون:

[www.unep.org/ozone/pdfs/viennaconvention2002.pdf](http://www.unep.org/ozone/pdfs/viennaconvention2002.pdf)

الاتفاقية الأوروبية حول تلوث الهواء طويل المدى العابر للحدود:

[www.unece.org/env/lrtap/](http://www.unece.org/env/lrtap/)

تلوث الهواء المنزلي والخارجي:

[www.lbl.gov/Education/ELSI/pollution-main.html](http://www.lbl.gov/Education/ELSI/pollution-main.html)

منظمة الصحة العالمية:

[www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/)

وكالة حماية البيئة الأمريكية- الهواء:

[www.epa.gov/ebtpages/air.html](http://www.epa.gov/ebtpages/air.html)[www.epa.gov/kids/air.htm](http://www.epa.gov/kids/air.htm)

مجلس الهواء النظيف:

[www.cleanair.org/](http://www.cleanair.org/)

اتفاقيات دولية لحماية الهواء:

[www.epa.gov/international/air/agreements.htm](http://www.epa.gov/international/air/agreements.htm)

أطفال من أجل هواء نظيف:

[www.clean-air-kids.org.uk/](http://www.clean-air-kids.org.uk/)

مدينة الضباب الدخاني:

[www.smogcity.com](http://www.smogcity.com)

مشروع «أمشي إلى المدرسة»:

[www.iwalktoschool.org](http://www.iwalktoschool.org)

متطابقة تنبعث من عملية التنظيف .

3. ذهبت الى المدرسة في حافلة أو سيارة .

أضف نقطة من الملون الأحمر الى كوبك: أول أكسيد الكربون وجسيمات PM<sub>10</sub> وثاني أكسيد الكبريت ومركبات عضوية متطايرة تنبعث من محرك الحافلة المدرسية أو السيارة .

4. اشترت وجبة غداء من الكافيتريا .

أضف قطرة من الملون الأصفر الى كوبك: أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين وجسيمات PM<sub>10</sub> وثاني أكسيد الكبريت ومركبات عضوية متطايرة تنبعث من طبخ طعام الغداء ومن الصواني المصنوعة من الستيروفوم والأدوات البلاستيكية .

5. عدت الى المنزل في حافلة أو سيارة .

أضف قطرة أخرى من الملون الأحمر الى كوبك .

6. جززت عشب الحديقة بجزازة تعمل بالبنزين .

أضف قطرة من الملون الأخضر الى كوبك: أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين وجسيمات PM<sub>10</sub> وثاني أكسيد الكبريت ومركبات عضوية متطايرة تنبعث من محرك جزازة العشب .

نقاش:

اطرح على التلاميذ الأسئلة الآتية:

1. انظروا في أكوابكم. لو كان تلوث الهواء حولكم واضحاً بهذا الشكل، هل كنتم تريدون تنفس هذا الهواء؟

2. ما هي مصادر تلوث الهواء الأخرى (غير المذكورة في هذا الاختبار) التي تظنون أنكم أنتجتموها في يوم واحد؟

3. ماذا يمكنكم أن تفعلوا لتخفيض ملوثات الهواء التي تتسببون فيها كل يوم؟

إذا كان لديك وعاء كبير، اطلب من تلاميذك سكب الماء الذي بحوزتهم فيه، ومن ثم اطلب منهم التعليق على الأثر الجماعي للتلوث الناتج من كل فرد .

# قضايا بيئية

## تلوث الهواء

يستطيع الإنسان العيش 40 يوماً بلا طعام و4 أيام بلا ماء لكنه يموت بعد 4 دقائق بلا هواء



● أكثر المناطق عرضة لتلوث الهواء هي نقاط ازدحام السير ومحيط المنشآت الصناعية ومحطات توليد الكهرباء.

● تنبعث من هذه المصادر مواد مؤذية للإنسان مثل غازات أكاسيد الكبريت SO<sub>x</sub> وأكاسيد النيتروجين NO والأوزون O<sub>3</sub> وأول أكسيد الكربون CO وثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> وجسيمات على هيئة غبار ودخان ورذاذ، تشكل الملوثات الهوائية.

● تتفاقم مشكلة تلوث الهواء مع زيادة مصادر التلوث وقطع الأشجار التي تمتص ثاني أكسيد الكربون وتزودنا بالأكسجين وتنقي الهواء.

● قدرت منظمة الصحة العالمية عدد الوفيات في العالم من جراء تلوث الهواء بنحو مليوني وفاة سنوياً.

● أثر الملوثات الهوائية مدمر لصحة الإنسان ويهدد كل أجهزة الجسم، مؤدياً إلى التهاب الحنجرة والسعال وأمراض الجلد والقلب والرئة والحساسية والربو والسرطان، ويمتد إلى الكبد والدورة الدموية والأعصاب وحتى إلى القدرة على التفكير.

● تؤدي ملوثات الهواء إلى أضرار بيئية كبيرة تصيب اليابسة والماء، مع النظم البيولوجية النباتية والحيوانية المرتبطة بهما.



يشكل قطاع النقل أحد أهم مصادر ملوثات الهواء (60 - 70%)، إضافة إلى المصانع ومحطات توليد الكهرباء.



## ماذا يمكنك أن تفعل؟

- افتصد في استهلاك الطاقة، وشجع استعمال الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
- اعتمد على وسائل النقل العام أو اقتن سيارة مقتصدة بالوقود.
- لا تحرق النفايات والخلفات الزراعية.
- ازرع الأشجار حيث أمكن.
- انشر هذه الرسالة في محيطك.

## شارك اليوم في المحافظة على بيئة الغد



البيئة والتنمية  
www.mectat.com.lb

AFED

المنتدى العربي للبيئة والتنمية  
ARAB FORUM FOR  
ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT  
www.afedonline.org • E-mail: info@afedonline.org

## لوحة معلومات حول تلوث الهواء

يمكن تنزيلها عن موقع الدليل الإلكتروني  
www.afedonline.org

وطبعتها حتى قياس 200 X 80 سنتم ووضعها على Roll Up