الفصل الثالث

الغرائب والعجائب ... فى فن إجراء التجارب

أولا : من ميدان علم الفيزيقا

تعويم ... العملة !

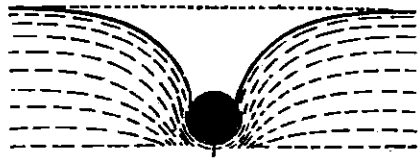
عند تدريسك - عزيزى معلم الفيزيقا - لدرس عن « التوتر السطحى للسوائل » يمكن إجراء تجربة العرض الممتعة التالية :

إن قطعة النقود المعدنية التى لا تغوص فى الماء هى حقيقة واقعة . ويمكنك القيام بذلك أمام تلاميذك مبتدئًا ببعض الأجسام الصغيرة مثل إبرة الخياطة . وقد تظن أنه لا يمكن جعل الإبرة المصنوعة من الصلب تطفو فوق سطح الماء ، بينما يمكنك القيام بذلك فى الواقع بسهولة .

ضع فوق سطح الماء فى كأس زجاجية قصاصة من ورق السجائر ثم ضع فوقها برفق إبرة خياطة جافة تمامًا . وما عليك الآن إلا أن تسحب القصاصة من تحت الإبرة بالطريقة التالية : خذ إبرة ثانية أو دبوسا واضغط به على حافات القصاصة لتجعلها تغوص فى الماء ، ثم انقل الضغط تدريجيًا إلى الوسط حيث تغوص القصاصة برمتها فى الماء ، أما الإبرة فستبقى طافية على سطحه ! (شكل رقم ٩٦) .

ويمكنك - بشىء من المهارة - أن تستغنى عن قصاصة ورق السجائر ، وذلك إذا تناولت الإبرة بين أصابعك وأسقطتها على سطح الماء بصورة أفقية ومن ارتفاع قليل جدًا .

كما يمكنك أن تجعل الدبوس يطفو فوق سطح الماء كذلك (على ألا يزيد سمكه على ٢ مم) وأيضًا القطع المعدنية الصغيرة المسطحة . وبعد أن تتمرن على ذلك بإمكانك أن تقوم أمام تلاميذك بتعويم العملة المعدنية .



شكل رقم (٩٦) الإبرة الطافية على سطح الماء .
الصورة اليمنى – المقطع العرضى للإبرة (سمك ٢ مم)
والشكل الدقيق للأثر الذى تخلفه على سطح الماء .
الصورة اليسرى – طريقة لجعل الإبرة تطفو على سطح
الماء باستخدام قطعة من ورق السجاير

قطعة نقود لا تغوص فى الماء

هلا عرفت سبب طفو كل من هذه الأجسام المعدنية على سطح الماء مع أن كثافتها أكبر بكثير من كثافة الماء ؟ ! إن السبب يكمن فى أن الماء لا يبلل المعدن جيدًا لأنه يصبح مغطى بطبقة دهنية رقيقة جدًا نتيجة تداوله فى يديك ، ولهذا يتكون حول الإبرة الطافية على سطح الماء مثلا تجويف ظاهر للعيان ، وعندما تحاول الطبقة السطحية الرقيقة للماء أن تستوى فإنها تضغط الإبرة إلى أعلى وبذلك تعمل على إسنادها ، كما تسند قوة دفع السائل من أسفل الإبرة أيضًا وهذه القوة تساوى – وفقًا لقانون الطفو – وزن السائل الذى تزيحه الإبرة .

هذا ، وأسهل طريقة لجعل الإبرة تطفو هو تزييتها بالزيت ، ومن ثم يمكن وضعها على سطح الماء مباشرة دون أن تغوص .

خدعوك فقالوا ... ليس للسائل شكلاً خاصًا !

عند تدريس درس عن السوائل من حيث خصائصها والشكل الذى تتخذه ، يكون من المناسب جدًا أن توجه السؤال التالى لتلاميذك : ما هو الشكل الحقيقى للسائل ؟ وفى الغالب سوف يجيب معظم التلاميذ ، إن لم يكن جميعهم ، بأنه ليس للسائل شكلا خاصًا وإنما يتخذ السائل شكل الوعاء الذى يوضع فيه .

هذا ما تؤكده الشواهد ويعتقده الكثيرون ، ومع هذا فإن ما قاله التلاميذ غير صحيح ! ، لأن الشكل الحقيقى لأى سائل هو الشكل الكروى . ولكن قوة الجاذبية عادة ما تحول دون اتخاذ السائل ذلك الشكل لذا فإن السائل إما أن يجرى على هيئة طبقة رقيقة إذا سكبناه من الوعاء أو أن يأخذ شكل الوعاء الذى يصب فيه . وعندما يمزج السائل مع سائل آخر له نفس الوزن النوعى ، فإنه طبقًا لقاعدة أرشميدس « يفقد » السائل وزنه ويصبح عديم الوزن تمامًا ولا تؤثر عليه قوة الجاذبية ، وعندئذ يأخذ السائل شكله الكروى الطبيعى .

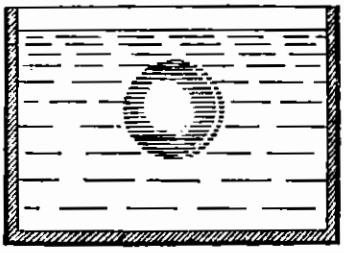
وفى هذا الخصوص يمكنك إجراء تجربة العرض الطريفة التالية لتلاميذك :

من المعروف أن زيت الزيتون يطفو فوق سطح الماء ولكنه يرسب فى الكحول . ولذلك يمكنك إعداد مزيج من الماء والكحول بحيث لا يمكن لزيت الزيتون أن يطفو أو يرسب فى هذا المزيج . الق فى هذا المزيج قليلاً من الزيت بواسطة قطارة ، ماذا تلاحظ ؟ إنك تلاحظ ظاهرة غريبة وهى تجمع الزيت فى قطرة دائرية كبيرة لا تطفو ولا ترسب بل تبقى معلقة بلا حراك ! (شكل رقم ٩٧) .

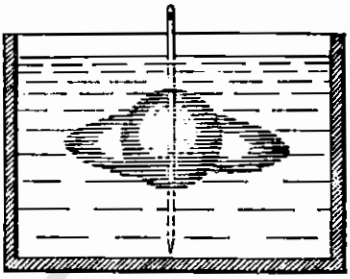
ويجب أن تجرى التجربة هذه بحذر وأناة ، وإلا فلن تتكون قطرة كبيرة واحدة وإنما عدة قطرات كروية صغيرة . ولكن حتى فى مثل هذه الحالة فإن التجربة تكون ممتعة أيضًا .

ولكن هذا ليس كل شىء بعد . خذ عصًا طويلة أو سلكًا حديدية واجعلها تخترق قطرة الزيت من مركزها ثم ابدأ فى تدويرها ، ماذا ترى ويرى تلاميذك ؟ إنكم ترون قطرة الزيت تدور هى الأخرى .. ويمكنك الحصول على نتيجة أفضل إذا أدخلت فى السلك قرصًا صغيرًا من الورق المقوى بعد تبليله بالزيت وحشرته برمته فى القطرة ، ماذا ترون ؟ فى بداية الأمر تتفلطح القطرة تحت تأثير الدوران وبعد عدة ثوان تكوِّن حلقة منفصله عنها (شكل رقم ٩٨) وعندما تتقطع الحلقة إلى عدة أجزاء ، يكون كل جزء منها قطرة جديدة وتستمر كافة القطرات فى الدوران حول القطرة المركزية . هذا ويمكنك إجراء التجربة نفسها بطريقة أسهل مع الحفاظ على هدفها التعليمى ، وذلك على النحو التالى :

خذ كأسًا صغيرة واغسلها بالماء ثم املأها بزيت الزيتون وضعها فى قاع كأس كبيرة . صب فى الكأس الكبيرة كمية من الكحول بحذر بحيث تنغمر الكأس

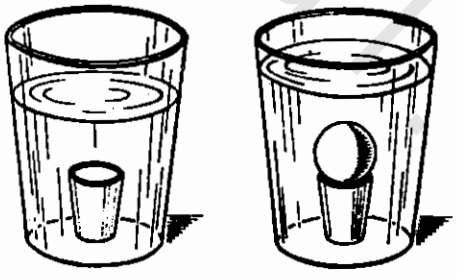


شكل رقم (٩٧) إن الزيت الموجود فى داخل إناء فيه كحول مخفف ، يتجمع على هيئة قطرة كبيرة ، لا تفطس فى الكحول ولا تطفو على سطحه (تجربة بلاتو)



شكل رقم (٩٨) إذا دورنا قطرة الدهن الموجودة فى الكحول المخفف تدويرًا سريعًا بواسطة سلك مغروز فيها ، فسوف تتكون حلقة منفصلة عن تلك القطرة

الصغيرة تمامًا فيها . أضف إلى الكأس الكبيرة تدريجيًا وبحذر قليلا من الماء بواسطة ماصة أو قمع أو ملعقة صغيرة وبحيث يسيل الماء على جدار الكأس ، ماذا تلاحظ ، إنك تلاحظ أن سطح الزيت الموجود فى الكأس الصغيرة قد أصبح محدبًا ويزداد التحدب تدريجيًا . وعندما تصل كمية الماء المضافة إلى حدٍ كافٍ يتحول السطح المحدب إلى قطرة كروية كبيرة تبقى معلقة داخل المزيج المكون من الماء والكحول[1] . (شكل رقم ٩٩) .



شكل رقم (٩٩) تجربة « بلاتو » بصورة مبسطة

(١) تصلح الجفنة تمامًا لإجراء مثل هذه التجربة ، وقد استخدمها المؤلف فكانت النتيجة أفضل مما لو استخدمنا كأسًا صغيرة . ولرؤية الكرة بوضوح لابد التأكد من صلاحية الكحول المستخدم . وكان أول من أجرى هذه التجربة هو الفيزيقى البلجيكى « بلاتو » .

كأس ... لا تمتلىء أبداً !

عند تدريسك لموضوع « التوتر السطحى للسوائل » أيضًا يمكنك القيام بتجربة العرض الطريفة التالية :

خذ كأسًا واملأها حتى حافتها وضع بقربها علبة أو علبتان من علب الدبابيس ، ثم تناول دبوسًا أو اثنين وحاول أن تجد لها متسعًا فى داخل الكأس . هل يمكنك أن تفعل ذلك ؟ .

ابدأ بإلقاء الدبابيس فى الكأس واحفظ عددها فى نفس الوقت على أن يتم ذلك بعناية تامة كمايلى : اغمر رأس الدبوس فى الماء بحذر[1] ثم اترك الدبوس من يدك بكل هدوء وبلا أدنى دفع أو ضغط حتى لا يؤدى الاهتزاز إلى انسياب الماء . وبعد إلقاء عدد كبيرٍ من الدبابيس واستقرارها فى قاع الكأس سترى مالم يكن متوقعًا .سترى أن مستوى الماء لم يتغير ! .

استمر فى إلقاء الدبابيس إلى أن يصل العدد إلى أكثر من ثلاثمائة ، وسترى مع ذلك أن الماء لم يبدأ فى الانسياب من الكأس (شكل رقم ١٠٠) ولم يكتف الماء بعدم الانسياب فحسب ، بل إنه لم يرتفع عن مستواه بأى قدر ملحوظ !

داوم على إلقاء المزيد من الدبابيس حتى يصل العدد إلى خمسمائة ، وسترى رغم ذلك عدم انسكاب أية قطرة من الماء عبر حافة الكأس ، بل سترى الآن وبوضوح أن سطح الماء قد تحدَّب وارتفع قليلاً عن حافات الكأس . هل يمكنك تفسير ما حدث ؟ . فى هذا التحدب يكمن سر تلك الظاهرة الغريبة .

إن الماء يبلل الزجاج قليلا طالما كان الزجاج مدهونًا بعض الشىء ، وحافة الكأس – مثلها كمثل كافة الأوانى الزجاجية التى نستخدمها – لابد وأن تتلوث بآثار دهنية ناتجة عن ملامسة الأصابع لها . ولما كان الماء لا يبلل الحافة فإن الدبابيس تزيحه من الكأس فيشكل سطحًا محدبًا . ويكون التحدب غير واضح للعين ، ولكن إذا حسبنا حجم الدبوس الواحد وقارناه بحجم التحدب الذى ظهر

---

(١) كان المؤلف يلقى بالدبوس من سنه أحيانًا وحصل على النتيجة المطلوبة كذلك ، ولكن يفضل فعلاً القاء الدبوس من رأسه لا من سنه منعًا لأى اهتزاز .

فوق حافة الكأس لأقتنعنا بأن الحجم الأول أقل من الحجم الثانى بمئات المرات. وهذا هو السبب الذى يجعل الكأس المملوءة تتسع لعدة مئات أخرى من الدبابيس، وكلما كانت فوهة الكأس المستخدمة أوسع كلما اتسعت لعدد أكبر من الدبابيس وذلك لأن التحدب سيكون أكبر[١].

شكل رقم (١٠٠) التجربة المدهشة لإلقاء الدبابيس فى كأس الماء

ولإيضاح المسألة نقوم بحساب تقريبى :

يلبغ طول الدبوس حوالى ٢٥ مم وسمكه نصف مم . ويمكن إيجاد حجم مثل هذه الأسطوانة بسهولة من العلاقة : ح = طـ نق^{٢} .ل ، وهو يساوى ٥ مم^{٣} (حيث ل طول الدبوس ، ق قطره ، ط النسبة التقريبية) . ولا يزيد حجم الدبوس مع الرأس على ٥,٥ مم^{٣} .

والآن يمكننا حساب حجم الطبقة المائية المرتفعة فوق حافة الكأس . قطر الكأس = ٩ سم = ٩٠ مم ، ومساحة مثل هذه الدائرة = ٦٤٠ مم^{٢} تقريبًا وإذا

(١) وصل عدد الدبابيس التى استخدمها المؤلف دون أن ينسكب الماء من الكأس المملوءة به تمامًا فى مدرسة عبد الرحمن بن خلدون ٩٧٠ دبوسًا ، بينما بلغ عدد الدبابيس – عندما استخدم كأسًا أكبر فى مدرسة سعيد بن المسيب – ١٦٠٠ دبوسًا . وفى كل من مدرستى عمر بن الخطاب وسعد بن الربيع استوعبت الكأس الكبيرة المستخدمة أكثر من أربع علب ، أى نحو ٢٠٠٠ دبوسًا دون أن تنسكب قطرة ماء واحدة !. وهذا يدل على أن عدد الدبابيس يتوقف فعلًا على مدى اتساع فوهة الكأس المستخدمة .

اعتبرنا أن سمك الطبقة المرتفعة = ٢ مم فقط ، يكون حجمها مساويًا للمقدار ١٢٨٠٠ مم^{٣} ، وهذا أكبر من حجم الدبوس بمقدار ٢٣٢٧ مرة . وبعبارة أخرى فإن الكأس « المملوءة » يمكن أن تتسع لأكثر من ٢٣٠٠ دبوس إضافى ! .

أصابع ... لا يبللها الماء !

عند تدريس موضوع « الضغط الجوى » يمكنك إجراء التجربة المثيرة التالية : ضع قطعة نقود فى طبق مسطح كبير ثم صب الماء فى الطبق إلى أن يغطى قطعة النقود ، واطلب من التلاميذ أن يلتقطوا قطعة النقود من الماء بأيديهم العارية دون أن يبللوا أصابعهم !! - إنك تطلب منهم المستحيل ، أليس كذلك ؟ .

ولكن هذه المسألة التى يبدو أن تحقيقها مستحيل يمكن حلها بسهولة إذا ما استخدمنا كأسًا زجاجية وقطعة من ورق . أشعل الورقة وضعها وهى مشتعلة فى داخل الكأس ، ثم اقلب الكأس وضعها بسرعة على الطبق بالقرب من قطعة النقود . وعندئذ ستنطفىء الورقة المشتعلة وتمتلىء الكأس بدخان أبيض ، وبعد هذا يتجمع الماء الموجود فى الطبق بأكمله داخل الكأس . أما قطعة النقود فتبقى فى مكانها بالطبع وتجف بعد دقيقة واحدة ، وعندئذ يمكن للتلاميذ التقاطها دون أن تتبلل أصابعهم ! .

ما هى القوة التى دفعت الماء إلى الكأس وجعلته يقف عند مستوى معين ؟ إنها قوة الضغط الجوى بالطبع ، إذ عملت الورقة المشتعلة على تدفئة الهواء الموجود داخل الكأس ومن ثم ارتفع ضغطه وخرج جزء منه إلى الخارج ، وعند انطفاء الورقة المشتعلة برد الهواء مرة أخرى ومن ثم قل ضغطه فاندفع الماء إلى الكأس تحت تأثير الضغط الجوى فى الخارج .

هذا ، ويمكنك أن تستخدم بدلا من الورقة عيدان ثقاب بعد حشرها فى قرص صغير من الفلين[١] (شكل رقم ١٠١) .

سل التلاميذ تفسيراً لما حدث . ولا شك أنك ستسمع كثيرًا من التفسيرات الخاطئة . ومن هذه التفسيرات القول بأن « احتراق » الأكسيجين يؤدى إلى تقليل

---

(١) استخدم المؤلف فى هذه التجربة طبق بترى وكوب شاى صغير وقد أديا الغرض المطلوب .

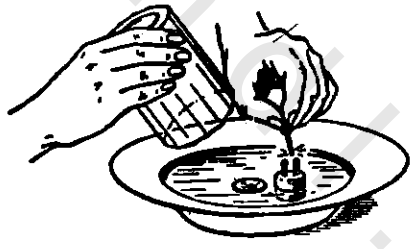
كمية الغاز الموجودة تحت الكأس . إن هذا التفسير خاطئ تمامًا ، لماذا ؟ لأن السبب الرئيسى يكمن فى تدفئة الهواء فقط ، وليس فى استهلاك جزء من الأكسيجين عند احتراق الورقة المشتعلة .

وتستخلص هذه النتيجة من الأمور الثلاثة التالية :

١ - إمكانية القيام بالتجربة ذاتها دون استخدام ورقة مشتعلة بل بمجرد تدفئة الكأس بالماء الساخن .

٢ - إذا استخدمنا بدلاً من الورقة المشتعلة قطعة من القطن مبللة بالكحول . حيث تشتعل لمدة أطول وتسخن الهواء بصورة أشد ، لوجدنا أن الماء يرتفع تقريبًا إلى منتصف الكأس ، بينما من المعروف عن الأكسيجين أنه يشغل $\frac{1}{5}$ حجم الهواء بأجمعه فقط .

٣ - يجب أن نأخذ فى الاعتبار أن الأكسجين « المحترق » يخلف وراءه غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء . والحقيقة أن الغاز يذوب فى الماء أما البخار فيبقى ليحل محل جزء من الأكسيجين .



شكل رقم (١٠١) كيفية التقاط قطعة النقود
من الماء بدون تبليل الأصابع

ليس بإمكانك أن تغلى الماء ... فى الماء المغلى !

خذ زجاجة صغيرة وصب فيها كمية من الماء ثم ضعها فى داخل قدر موضوع على النار ومملوء بالماء النقى بحيث لا تلامس الزجاجة قاع القدر أو جدرانه ويتحقق ذلك بتعليقها فى حامل مناسب . وعندما يغلى الماء الموجود فى القدر يتوقع التلاميذ أن الماء الموجود فى الزجاجة سيغلى هو الآخر بعد قليل .. ولكنهم سوف

لا يرون ذلك مهما طال انتظارهم[١] ، وكل ما يرونه أن الماء الذى فى داخل الزجاجة سيسخن جدًا ولكنه لن يغلى أبدًا ! . وبهذا يبدو أن الماء المغلى ليس على درجة كافية من الحرارة ليجعل الماء الآخر يغلى ! .

إن هذه النتيجة تبدو وكأنها غير متوقعة ، بينما كان من الواجب توقعها . لأنه لكى نجعل الماء يغلى يجب ألا نكتفى بتسخينه إلى ١٠٠° م فقط ، وإنما لابد من تزويده بكمية أخرى كبيرة من الحرارة اللازمة لتحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية .

إن الماء النقى يغلى عند ١٠٠° م ولا ترتفع درجة حرارته إلى أكثر من هذا الحد فى الظروف العادية مهما زدنا فى تسخينه . وهذا يعنى أن ماء القدر المغلى الذى سخنا به الماء الموجود فى الزجاجة تبلغ ١٠٠° م ولا يمكنه تسخين الماء فى الزجاجة إلا إلى ١٠٠° أيضًا فقط . وهكذا ترى أنه بتسخين الماء الموجود فى الزجاجة بهذه الطريقة فإننا لا يمكن أن نزوده بكمية الحرارة اللازمة لتحويله من سائل إلى بخار[٢] .

ولكن قد يتساءل تلميذ : وما الفرق بين الماء الموجود فى الزجاجة ونظيره فى القدر ؟ إن الماء الذى فى الزجاجة هو نفسه الذى فى القدر ولكن تفصله عنه جدران الزجاجة . وقد يستطرد التلميذ : وما دلالة هذا الفرق ؟ دلالته أن جدران الزجاجة تمنع الماء الموجود بداخلها من الاشتراك فى تلك التيارات التى تحرك الماء الموجود فى القدر بأجمعه . إن كل دقيقة من دقائق الماء الذى فى القدر يمكن أن تلامس القاع الساخن مباشرة فتكتسب كمية من الحرارة تحولها إلى بخار ، أما دقائق الماء الذى فى الزجاجة فلا تلامس إلا الماء المغلى فقط الذى لا يستطيع أن يمدها بنفس كمية الحرارة لتحويلها إلى الحالة البخارية .

وهكذا ترى ، على غير ما هو متوقع ، أنه ليس بإمكانك أن تغلى الماء فى الماء النقى المغلى !!

---

(١) فى التجربة التى أجراها المؤلف بمدرسة سعيد بن المسيب انتظر وأحد طلابه لمدة تزيد على الساعة ومع ذلك لم يغل الماء فى الزجاجة . وحدث الشىء نفسه فى مدرسة القعقاع بن عمرو . وبالطبع فإن المعلم فى الحصة لا ينتظر وتلاميذه مثل هذا الوقت ولكن يكفى الانتظار وقتًا معقولاً بما تسمح به الحصة .

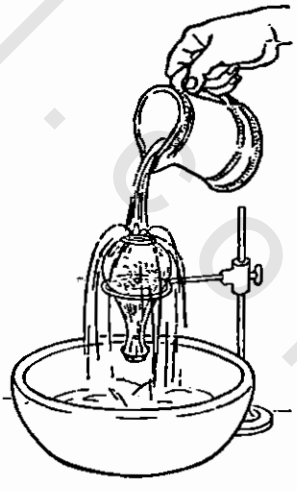
(٢) لتحويل كل جرام واحد من الماء الساخن إلى ١٠٠° م إلى بخار نحتاج إلى كمية إضافية من الحرارة تزيد على ٥٠٠ سعر حرارى .

ولكن بإمكانك أن تغلى الماء ... بواسطة الثلج !!

إذا وجهت السؤال التالى لتلاميذك : هل يمكننا أن نغلى الماء بواسطة الثلج ؟ فإنهم سيجيبون : إذا لم يكن باستطاعتنا أن نغلى الماء فى الماء المغلى ، فكيف إذن سنغليه فى الثلج ؟ !! وهنا عليك أن تنصحهم بعدم التسرع فى الإجابة والتروى فى إصدار الأحكام وهو من الاتجاهات العلمية المرغوب فيها ، وأجر لهم التجربة التالية مستخدمًا نفس الزجاجة التى استخدمتها فى التجربة السابقة :

املأ الزجاجة إلى منتصفها بالماء واغمرها فى الماء المالح المغلى . وعندما يغلى الماء فى داخل الزجاجة إرفعها من القدر وسد فوهتها بسرعة بسدادة من الفلين معدة سابقا لهذا الغرض . والآن أقلب الزجاجة وانتظر إلى أن يتوقف غليان الماء الموجود بداخلها . وبعد حلول هذه اللحظة صب الماء المغلى على الزجاجة ، هل سيغلى الماء ؟ إن الماء مع ذلك لن يغلى ! ضع على قاعدة الزجاجة قليلا من قطع الثلج أو صب عليها ماءً بارداً (شكل رقم ١٠٢) ، فسترى أن الماء يبدأ فى الغليان . وهكذا فعل الثلج مالم يفعله الماء المغلى !! .

ومما يزيد من حيرة التلاميذ أن أحداً منهم لن يشعر بحرارة عالية عندما يلمس الزجاجة بينما يشاهد الماء بعينيه وهو يغلى بداخلها ! ما السر وراء ذلك ؟ .



شكل رقم (١٠٢) إن الماء يغلى فى القنينة ، عندما نصب الماء البارد عليها

شكل رقم (١٠٣) النتيجة غير المتوقعة لتبريد علبة الصفيح

إن السر يكمن فى قيام الثلج ؟ أو الماء البارد بتبريد جدران الزجاجة ونتيجة لذلك يتكثف البخار ويتحول إلى قطرات من الماء . ولما كان الهواء قد طرد من الزجاجة قبل ذلك فى مرحلة الغليان ، فإن الماء الموجود بداخلها الآن يتعرض لضغط يقل عن الضغط الذى كان يتعرض له بكثير . ومن المعروف أنه عند تقليل الضغط المؤثر على السائل فإنه يغلى عند درجة حرارة أقل من درجة غليانه الطبيعية بكثير . وهكذا يكون لدينا بداخل الزجاجة ماء مغلى ولكنه غير ساخن ! .

وعليك أن تلاحظ ، فى حالة ما إذا كانت جدران الزجاجة رقيقة جدًا ، أنه قد يؤدى تكثف البخار بداخلها إلى ما يشبه الانفجار . وذلك لأن ضغط الهواء الخارجى عندما لا يلاقى مقاومة كافية من داخل الزجاجة فإنه يحطمها فى الحال . ولهذا من الأفضل أن تستخدم زجاجة كروية الشكل مثل دورق محدب القاع لكى يضغط الهواء الخارجىّ على الجزء المحدب[1] .

حقائق ... مقلوبة !

عند تدريس موضوع « الانكسار فى الضوء » يمكنك أن تجرى لتلاميذك تجربة العرض الطريفة التالية :

اغمر عدسة محدبة الوجهين (عدسة مكبِّرة) فى الماء وانظر من خلالها إلى الأجسام المغمورة فيه . ماذا ترى ؟ أتح لبعض التلاميذ فرصة المشاهدة ، ماذا يرون ؟ إنكم جميعًا ترون شيئًا لم تكونوا تتوقعونه . ما هو هذا الشىء يا ترى ؟ إن العدسة المكبرة لا تكبر الأشياء تقريبًا عند وجودها فى الماء ! .

أعد التجربة مستخدمًا عدسة مقعرة الوجهين (مصغِّرة) ، ماذا ترى فى هذه الحالة أيضًا ؟ أتح لبعض التلاميذ فرصة المشاهدة ، ماذا يرون ؟ إنكم جميعًا ترون

---

(١) الأكثر أمانًا أن تجرى هذه التجربة باستخدام علبة من الصفيح . وبعد أن تغلى فى داخلها قليلًا من الماء سد فتحتها بإحكام وصب عليها ماء باردًا . وسوف ترى بأن العلبة المحتوية على بخار الماء ستتجعد فى الحال تحت تأثير الضغط الخارجى للهواء ، وذلك لأن البخار فى داخلها قد تكثف وتحول إلى ماء بعد أن تعرض للتبريد . وستبدو العلبة بعد ذلك مجعدة كما لو كنت قد طرقتها بمطرقة ثقيلة ! (شكل رقم ١٠٣) .

شيئًا لم تكونوا تتوقعونه كذلك . ما هو هذا الشيء يا ترى – إن العدسة المصغرة تفقد فى الماء خاصية التصغير إلى درجة كبيرة .

كرر التجربة مستخدمًا سائلا آخر عوضًا عن الماء ذى معامل انكسار أكبر من معامل انكسار الزجاج ، ماذا ترى فى هذه الحالة أيضًا ؟ أتح لبعض التلاميذ فرصة المشاهدة ، ماذا يرون ؟ إنكم جميعًا سترون عكس ما كنتم تألفون . إن العدسة المكبرة تصغر الأشياء بينما تكبر العدسة المصغرة الأشياء ! .

هل من تفسير لكل هذه النتائج غير المتوقعة ؟

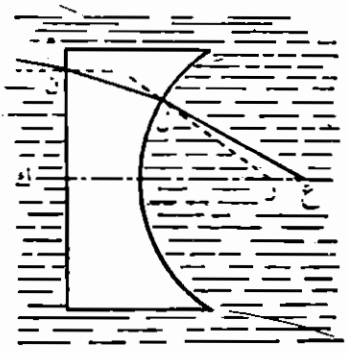
إذا تذكرنا جيداً قانون انكسار الضوء فسوف تزول دهشتنا لهذه النتائج غير المألوفة ، إن العدسة المحدبة الوجهين تكبر الأشياء فى الهواء لأن الزجاج يكسر الضوء أكثر مما يكسره الهواء المحيط به ، ولكن الفرق قليل بين معاملى انكسار الزجاج والماء ، ولهذا فعندما تغمر العدسة فى الماء فإن أشعة الضوء المارة من الماء إلى الزجاج لا تنحرف كثيرًا عن اتجاهها الأصلى . ولذلك فإن العدسة المكبرة المغمورة فى الماء تكبر الأشياء بقدر أضعف بكثير مما تكبرها فى الهواء ، وتصبح العدسة المصغرة بدورها أقل قدرة على التصغير .

وفى حالة استبدال الماء بسائل آخر يكسر الأشعة أكثر من الزجاج فإنه – للسبب نفسه – تصغر العدسة المكبرة المغمورة فيه الأشياء بينما تكبر العدسة المصغرة الأشياء . أى أنه – فى وجود مثل هذا السائل – تصبح الحقائق العلمية التى نعرفها عن العدسات مقلوبة ! .

وتقوم العدسات المجوفة (وبالذات المملوءة بالهواء) بنفس العمل فى داخل الماء ، حيث تعمل العدسات المقعرة على تكبير الأشياء بينما تعمل العدسات المحدبة على تصغير الأشياء . وتعتبر عدسات نظارات الغطس الواقية نموذجًا لهذا النوع من العدسات[1] (شكل رقم ١٠٤) .

---

(١) تتكون نظارة الغطاس من عدسة مسطحة مقعرة مملوءة بالهواء . وبانكسار الشعاع م ن فإنه يمر فى الاتجاه م ن ل ع ويبتعد عن عمود السقوط فى داخل العدسة ويقترب منه (أى من ل ر) خارج العدسة . ولهذا السبب تقوم العدسة بدور زجاج التجميع .



شكل رقم (١٠٤) كيفية عمل نظارات الغطاسين

دوامة ... من ورق !

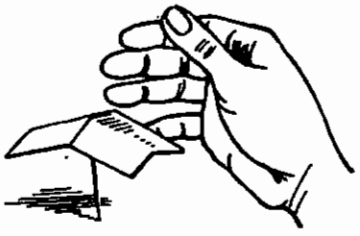
عند تدريسك لدرس عن « تمدد الغازات » يمكنك القيام بالعرض الطريف التالى :

خذ ورقة سجائر رقيقة (ورقة بفرة) وقص منها قطعة على شكل مستطيل . اطو المستطيل مرتين من منتصفه ثم أعده إلى وضعه السابق فتكون بذلك قد عينت مركز ثقله . ضع المستطيل فوق إبرة حادة بحيث يقع رأس الإبرة فى مركز الثقل تمامًا . وتصبح الورقة المستطيلة فى حالة توازن لأنها مسندة من مركز ثقلها ، ولكنها تأخذ فى الدوران عند تعرضها لأبسط نفخة .

لعلك لا ترى حتى الآن أى غموض فى هذه المسألة . حسنًا ، ولكن قرِّب يدك من الورقة (شكل رقم ١٠٥) على أن يكون ذلك بحذر لئلا يؤدى تيار الهواء إلى إزاحة الورقة عن مكانها ، وعندئذ ستلاحظ أمرًا عجبا : تبدأ الورقة فى الدوران ويكون دورانها بطيئًا فى بادئ الأمر ثم تزداد سرعتها بالتدريج . وإذا أبعدت اليد عن الورقة فإن الدوران يتوقف ، أما إذا قربتها مرة أخرى فسوف تبدأ الورقة فى الدوران من جديد .

إن هذا الدوران الغامض جعل الناس فى أحد الأوقات ، فى سبعينيات القرن الماضى ، يفكرون بأن لجسم الإنسان بعض الخواص الخارقة للعادة . كما وجد العلماء (الروحانيين) فى هذه التجربة تأكيداً لتعاليمهم المبهمة حول القوة الخفية

الصادرة عن جسم الإنسان . بينما السبب طبيعى جدًا وبسيط ، وهو أن الهواء الساخن الموجود فى أسفل اليد يرتفع إلى أعلى وعند اصطدامه بالورقة يجعلها تدور ، وذلك لأنك عندما طويت الورقة فى بداية التجربة أصبحت أقسامها مائلة بعض الشىء .



شكل رقم (١٠٥) لماذا تدور الورقة ؟

إجعل بعض التلاميذ يلاحظون بتدقيق وإمعان حركة الدوامة الورقية ، وسلهم عما يلاحظون . إنهم يلاحظون أن الدوامة الورقية تدور فى اتجاه معين ابتداءً من رسغ اليد وبمحاذاة الكف نحو الأصابع . سلهم عن تفسير ذلك . إن ذلك يفسر باختلاف درجة حرارة أقسام اليد ، حيث أن أطراف الأصابع تكون دائمًا أبرد من الكف ، ولذلك يتكون قرب الكف تيار هوائى صاعد أكثر قوة يصدم الورقة بصورة أقوى مما يصدمها تيار الهواء الناتج عن حرارة الأصابع .

مأخذ ... على أرشميدس !

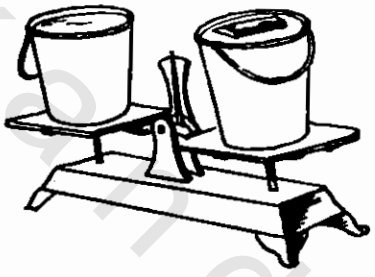
عند تدريسك لقانون الطفو وقاعدة أرشميدس ، يمكنك إجراء التجربتين المثيرتين التاليتين :

التجربة الأولى :

ضع كأسًا كبيرة مملوءة بالماء إلى حافتها على إحدى كفتى ميزان وعلى الكفة الثانية كأسا مماثلة مملوءة بالماء إلى حافتها أيضًا وفيها قطعة من الخشب طافية . سل التلاميذ : أى الكأسين أثقل من الأخرى ؟ .

سوف تكون إجاباتهم فى الغالب متنوعة . فقد يجيب بعضهم بأن الكأس التى تطفو فيها قطعة الخشب هى الأثقل لأن وزن قطعة الخشب يضاف إلى وزن الماء الموجود فى الكأس ، بينما يجيب الآخرون على النقيض حيث يؤكدون أن الكأس الأولى هى الأثقل لأن الماء أثقل من الخشب .

ولكن كلتا الإجابتين فى الواقع خاطئتين ! لأن الكأسين متساويان فى الوزن . وفى الحقيقة فإن الماء فى الكأس الثانية أقل مما فى الكأس الأولى . ذلك لأن قطعة الخشب الطافية تزيح قليلا منه . ولكن حسب قانون الأجسام الطافية ، فإن وزن الجسم الطافى يكون مساويًا لوزن الماء المزاح ولهذا السبب بالذات يجب أن تتوازن كفتا الميزان . (شكل رقم ١٠٦) .



شكل رقم (١٠٦) إن الدلوين هنا مليئان بالماء حتى نهايتيهما ، وتطفو على سطح الماء فى الدلو الأول قطعة من الخشب . أى الدلوين أثقل من الآخر ؟

التجربة الثانية :

ضع كأسًا بها ماء على إحدى كفتى ميزان حساس وضع إلى جانبها صنجة ، ثم وازن الميزان تمامًا واسقط الصنجة الموضوعة إلى جانب الكأس فى داخله . ماذا يحدث للميزان ؟ دع التلاميذ يفسرون ما يشاهدون .

إنه تبعًا لقاعدة أرشميدس ، تصبح الصنجة فى داخل الماء أقل وزنًا مما كانت عليه خارجه . وبناءً عليه يتوقع التلاميذ ارتفاع الكفة التى وضعت عليها الكأس . وهذا منطقى ، ولكن شيئًا منه لن يحدث ! إن الذى يحدث هو أن الميزان يحافظ على توازنه ، فما تفسير ذلك ؟ .

إن الصنجة التى فى الكأس أزاحت جزءًا من الماء وبذلك ارتفع الماء إلى مستوى

أعلى من مستواه الابتدائى ، ونتيجة لذلك يزداد الضغط على قاع الكأس ، وذلك لأن القاع يتعرض فى هذه الحالة لقوة إضافية تساوى ما فقدته الصنجة من وزنها .

صدق أو لا تصدق ... الجسم الساقط لا وزن له !

عند تدريسك لموضوع « سقوط الأجسام » يمكنك إجراء التجربة المثيرة التالية ، ولكن بعد أن تقدم لها بقولك : هل أحس أحد منكم - أيها التلاميذ - بذلك الشعور الغريب الذى ينتابه عندما يهبط به المصعد إلى أسفل ؟ إنه يشعر بخفة غير طبيعية كتلك التى يشعر بها الشخص عند سقوطه فى هوة سحيقة القرار ، وليس ذلك سوى شعور بانعدام الوزن . إذ فى اللحظة الأولى للحركة وعندما تبدأ أرضية المصعد التى نقف عليها فى الهبوط إلى أسفل لا تكن لنا بعد تلك السرعة التى يهبط بها المصعد ، ومن ثم ينعدم تقريبًا الضغط الذى يولده الجسم على أرضية المصعد وبالتالى يكون الوزن قليلا جدًّا . وتمر برهة قصيرة لا يلبث بعدها أن يزول ذلك الشعور الغريب ، إذ عندما يحاول الجسم أن يهبط أسرع من المصعد الذى يهبط بانتظام فإنه يضغط على أرضية المصعد ويستعيد بذلك وزنه التام .

وبعد هذا التقديم ، تكون الفرصة مهيئة لإجراء التجربة التالية :

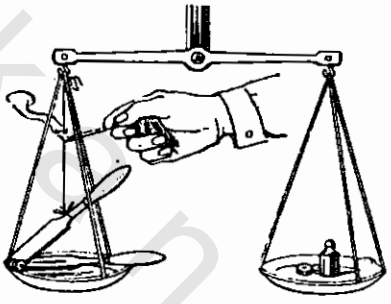
علق صنجة فى خطاف ميزان زنبركى . لاحظ إلى أين يتجه المؤشر إذا خفضت الميزان والصنجة إلى أسفل (للسهولة ضع قطعة من الفلين فى شق الميزان ولاحظ تغير وضعها) . ستلاحظ أن المؤشر أثناء الحركة سوف لا يشير إلى الوزن التام للصنجة وإنما إلى أقل من ذلك بكثير . فإذا سقط الميزان إلى أسفل بحرية تامة ، واستطعت أثناء سقوطه أن تتبع حركة المؤشر ، لرأيت أن الصنجة أثناء السقوط تكون عديمة الوزن بالمرة وأن المؤشر يقف عند صفر التدريج .

إن الأشياء الثقيلة جدًا تصبح عديمة الوزن تمامًا طوال الفترة الزمنية التى تكون خلالها فى حالة سقوط . سل تلاميذك تعليلا لهذه الظاهرة . إن القوة التى يسحب بها الجسم خطاف الميزان أو يضغط بها على قاعدته تسمى بـ « الوزن » . إن الجسم الساقط لا يسحب زنبرك الميزان بتاتًا ، وذلك لأن الزنبرك يسقط هو الآخر مع الجسم . وعندما يكون الجسم فى حالة سقوط فإنه لا يسحب أى شىء

ولا يضغط على أى شيء . ومن ثم فإن السؤال عن وزن الجسم عندما يكون فى حالة سقوط يشبه تمامًا السؤال عن وزن الجسم عندما يكون عديم الوزن .

ويمكنك إجراء التجربة التالية أيضًا والتى تؤكد بوضوح حقيقة هذه المناقشات :

ضع كسارة بندق فى إحدى كفتى ميزان معتاد بحيث يستقر أحد مرفقى الكسارة على كفة الميزان . اربط المرفق الآخر بخيط معلق فى خطاف ذراع الميزان كما فى الشكل رقم ١٠٧ ، ضع صنجات فى كفة الميزان الأخرى إلى أن تتوازن الكفتان . قرب من الخيط عود ثقاب مشتعل فيحترق الخيط ، ويسقط المرفق العلوى لكسارة البندق فى كفة الميزان .



شكل رقم (١٠٧) تجربة توضح بأن الجسم الساقط عديم الوزن

ماذا يحدث للميزان فى هذه اللحظة ؟ هل تنخفض كفة الميزان التى تحمل كسارة البندق فى الفترة التى يستمر فيها سقوط المرفق العلوى للكسارة ؟ وهل ترتفع تلك الكفة أم تبقى متوازنة ؟ .

بعد أن علمنا أن الأجسام الساقطة تكون عديمة الوزن ، نستطيع سلفًا الإجابة على هذا السؤال بصورة صحيحة : يجب أن ترتفع كفة الميزان لبرهة قصيرة إلى أعلى وفى الحقيقة فإن المرفق العلوى لكسارة البندق ، بالرغم من اتصاله بالمرفق السفلى ، يولد عند سقوطه ضغطاً على كفة الميزان أقل من الضغط الذى يولده عليها عندما يكون ساكناً . إن وزن كسارة البندق يقل لبرهة قصيرة ، وفى تلك الأثناء ترتفع بالطبع كفة الميزان التى بها الكسارة إلى أعلى .

هذه الورقة ... أتحداك أن تحرقها !

عند تدريس موضوع مثل « توصيل الأجسام للحرارة » يمكنك أن توجه لتلاميذك السؤال الطريف التالى : هل يمكننا أن نسلق بيضة فى ماء موضوع فى كأس من ورق ؟!! ، ومن الأرجح أن تكون إجاباتهم بأنه لا يمكن حيث ستحترق الكأس لأنها من ورق . وهنا تكون الفرصة مواتية لأن تجرى لهم التجربة المثيرة التالية :

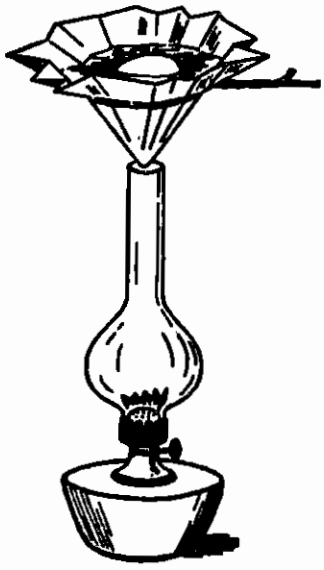
خذ قطعة سميكة من الورق المستخدم فى تغليف المأكولات[1] وثبتها جيداً بسلك ، ثم صب فيها الماء وضع بيضة بداخلها وعرض الورقة للهب مصباح الكيروسين ترى أنها لا تتأثر بذلك مطلقًا . سل التلاميذ عن السبب فى ذلك . إن السبب هو أن الماء يمكن أن يسخن فى إناء مكشوف إلى درجة حرارة لا تزيد على ١٠٠° م ، لذا فإن الماء المسخن - الذى له بالإضافة إلى ذلك سعة حرارية كبيرة - يمتص الحرارة الفائضة للورقة ولا يجعلها تسخن إلى درجة حرارة تزيد عن ١٠٠° م ، أى إلى درجة الحرارة اللازمة لاحتراقها . انظر الشكل رقم ١٠٨ . (ومن الأفضل أن تستخدم صندوقًا ورقيًا صغيرًا مثل الصندوق المبين فى الشكل رقم ١٠٩ ، وسوف تجد أن الورقة لا تحترق حتى عندما تحاط باللهب) .

كذلك يمكنك أن تصهر - أمام التلاميذ - ختمًا رصاصيًا فى صندوق مصنوع من الورق العادى ، وذلك بتسليط اللهب بصورة خاصة على موضع الورقة المتصل مباشرة بالختم الرصاصى . سل التلاميذ عن السر فى ذلك . إن السر هنا يكمن فى أن الرصاص بصفته موصلا جيدًا للحرارة نوعًا ما يأخذ الحرارة من الورقة بسرعة ولا يجعلها تسخن إلى درجة حرارة تزيد عن درجة حرارة الانصهار بشكل ملحوظ ، أى إلى درجة ٣٣٥° م بالنسبة للرصاص ، وهذه الدرجة من الحرارة ليست كافية لكى تجعل الورقة تحترق .

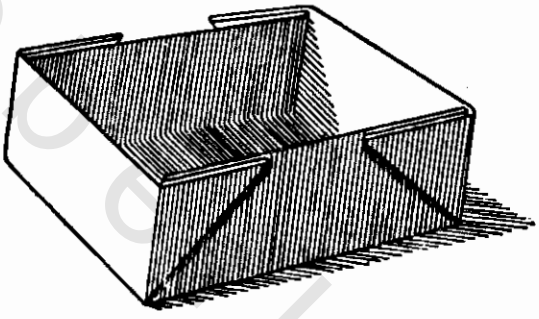
ومن الممكن أيضا إجراء التجربة التالية : خذ مسمارًا غليظًا أو قضيبًا رفيعًا من الحديد[2] ، ولف حوله بإحكام شريطًا رفيعًا من الورق على شكل لولب ، قرب

(١) هو ورق خاص معالج بحمض الكبريتيك ويعرف بورق « بارشمان » .

(٢) للحصول على نتيجة أفضل يحسن أن يكون المسمار أو القضيب من النحاس .



شكل رقم (١٠٨) سلق البيضة فى قدر من الورق

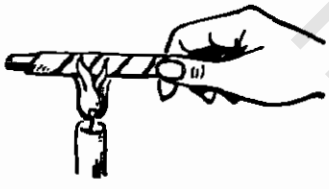


شكل رقم (١٠٩) صندوق صغير من الورق لغلى الماء

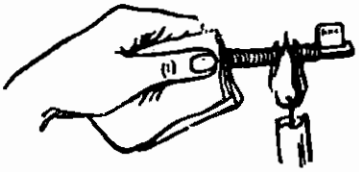
القضيب مع شريط الورق من لهب . ماذا تلاحظ أنت والتلاميذ ؟ ستلاحظون أن اللهب يحيط بالورقة ويسخنها ولكنها لن تحترق إلى أن يصبح القضيب حاميًا (شكل رقم ١١٠) سل التلاميذ : ما السر فى هذا ؟ . إن السر يكمن فى موصلية المعدن الجيدة للحرارة ، إذ لا يمكنك إجراء هذه التجربة مستخدمًا قضيبا من الزجاج مثلا . ويبين الشكل رقم ١١١ تجربة مماثلة لخيط لا يحترق وهو ملفوف بإحكام على أحد المفاتيح .

عصا ... ذاتية الاتزان !

عند تدريس درس عن « مركز الثقل » يمكنك إجراء تجربة العرض الطريفة التالية :



شكل رقم (١١٠) الورقة التى لا تشتعل



شكل رقم (١١١) الخيط الذى لا يشتعل

ضع عصا ملساء على سبابتى يديك المتباعدتين كما هو مبين فى الشكل رقم ١١٢ ، قرب سبابتيك من بعضهما حتى تصبحا متلاصقتين . وهنا سترى شيئًا غريبًا ، إذ تحافظ العصا على اتزانها ولا تسقط على الأرض . اجعل بعض التلاميذ يعيدون نفس التجربة عدة مرات مع تغيير الوضع الابتدائى للسبابتين مع كل تلميذ . هل تحصل على نفس النتيجة ؟ سوف تجد أن العصا تظل متزنة فى كل حالة . استبدل هذه العصا بمسطرة أو مكنسة تجد أنه يحدث الشىء نفسه .

ولكن ما هو سر هذه النتيجة غير المتوقعة ؟

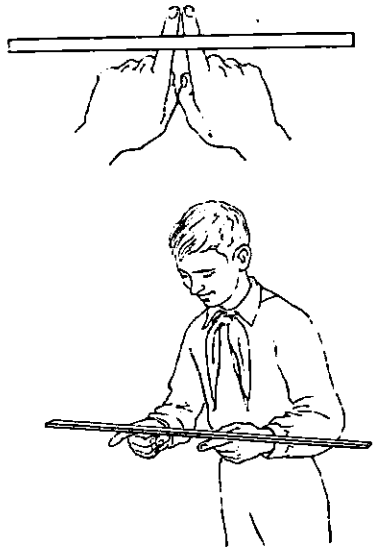
من الواضح أنه طالما كانت العصا متزنة وهى محمولة على السبابتين المتلاصقتين ، فلابد وأن تكون السبابتان واقعتين تحت مركز ثقل العصا مباشرة[1] . وعند ابتعاد السبابتين عن بعضهما فإن السبابة الواقعة بالقرب من مركز ثقل العصا تتحمل ثقلا أكبر مما تتحمله السبابة البعيدة عنه ، وبزيادة الضغط يزداد الاحتكاك ، لذا فإن السبابة القريبة من مركز الثقل تكون أكثر احتكاكًا بالعصا من السبابة البعيدة عنه . ولهذا السبب فإن السبابة القريبة من مركز الثقل لا تنزلق تحت العصا ، وإنما تتحرك دائماً السبابة البعيدة عن تلك النقطة فقط .

وحالما تصبح السبابة المتحركة أقرب إلى مركز الثقل من السبابة الأخرى يتم تبادل الأدوار بين السبابتين ، ويتكرر حدوث هذا التبادل عدة مرات إلى أن تتلاصق السبابتان . ولما كانت السبابة التى تتحرك دائمًا هى السبابة البعيدة عن مركز الثقل بالذات ، فإنه من الطبيعى أن تلتقى السبابتان فى نهاية العملية تحت مركز ثقل العصا .

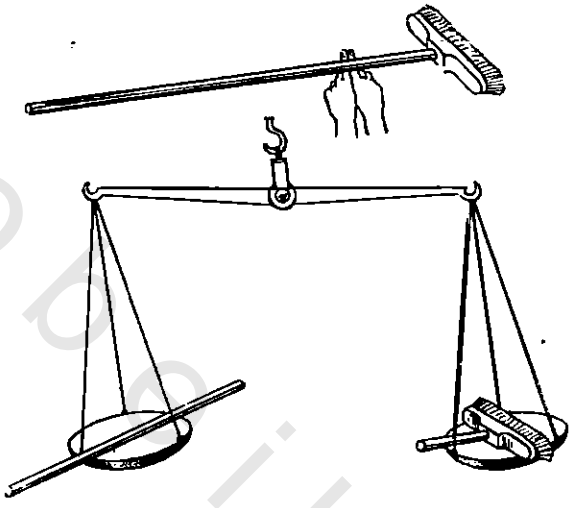
أعد التجربة مرة أخرى مستخدمًا مكنسة كما هو مبين فى الشكل رقم ١١٣ ، اطرح السؤال التالى على التلاميذ : إذا قطعنا المكنسة من موضع استنادها إلى السبابتين ووضعنا كلا القسمين فى كفتى ميزان (شكل رقم ١١٣) ، فأى الكفتين سترجح – الكفة التى وضعت فيها عصا المكنسة أم الكفة التى وضعت فيها فرشة المكنسة ؟ .

---

(١) يبقى الجسم فى حالة توازن إذا كان الخط العمودى النازل من مركز ثقله يمر بمساحة قاعدته .



شكل رقم (١١٢) إجراء التجربة باستخدام المسطرة
الرسم العلوى – نهاية التجربة



شكل رقم (١١٣) إجراء نفس التجربة السابقة
باستخدام المكنسة لماذا لا تتزن كفتا الميزان ؟

قد يفكر التلاميذ بأنه طالما كان قسما المكنسة متوازنين على السبابتين فلابد أن يتوازنا عند وضعهما فى كفتى الميزان ، ولكن فى الحقيقة تكون الكفة الراجحة هى الكفة التى وضعت فيها فرشة المكنسة . وما السبب فى هذا ؟ ليس من الصعب معرفة السبب إذا تذكرنا بأنه عند توازن المكنسة على السبابتين كانت القوتان الناتجتان عن وزنى القسمين المذكورين تؤثران على ذراعى العتلة غير المتساويين فى الطول . أما عند وضع القسمين فى كفتى الميزان ، فإن القوتين المذكورتين أصبحتا تؤثران على طرفى عتلة متساوية الذراعين .

الماء ... فى الغربال !

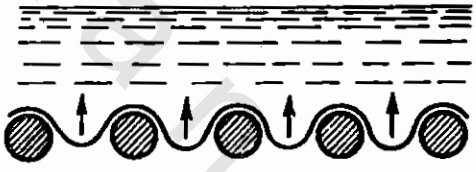
تضرب الأمثال باستحالة وضع الماء أو نقله فى غربال ، ولكن يمكنك أن تفعل ذلك أمام تلاميذك وتحطم بذلك أحد الأمثال الأسطورية ! .

خذ غربالا سلكيًا قطره حوالى ١٥ سم بحيث لا تكون ثقوبه رفيعة جدًّا

(حوالى ١ مم) وغطس شبكته فى البارافين المسال (المائع) . ثم ارفع الشبكة من داخل البارافين فيرى التلاميذ أنها مغطاة بطبقة رقيقة منه لا تكاد ترى بالعين إلا بصعوبة .

إن الغربال فى الواقع لم يتغير ، فهو يحتوى على فتحات يمكن للدبوس أن يمر خلالها بسهولة . ولكن يمكنك الآن نقل الماء فى الغربال بالمعنى الحرفى لكلمة « نقل » ويمكن أن يحتوى هذا الغربال على كمية كبيرة نسبيًا من الماء دون أن يسيل من خلال الثقوب ، ويجب عند ذلك صب الماء فى الغربال بحذر تام مع المحافظة على عدم رج الشبكة .

والآن ، سل التلاميذ ، لماذا لا يسيل الماء ؟ ولعلهم يجيبون : لأن البارافين الذى لا يتبلل بالماء يكون فى ثقوب الغربال طبقات رقيقة جدًا محدبة إلى أسفل تعمل على حبس الماء (شكل رقم ١١٤) .



شكل رقم (١١٤) لماذا لا ينسكب الماء من الغربال المدهون بالبارافين ؟

هذا ، ويمكنك جعل مثل هذا الغربال البارافينى يطفو على سطح الماء ، أى يمكنك استخدام الغربال فى العوم على سطح الماء بالإضافة إلى استخدامه فى نقل الماء .

وتوضح هذه التجربة غير المألوفة عددًا من الظواهر العادية التى اعتدنا عليها بحيث لم نعد نفكر فى سبب حدوثها . إن طلى البراميل والقوارب بالقار ، وتزييت السدادات والجلب بالشحم ، والطلى بالأصباغ النباتية ، وبصورة عامة عندما تغطى كافة الأشياء والحاجيات التى لا نريد أن ينفذ إليها الماء بطبقة من المواد الدهنية ، وكذلك عند معالجة (طلى أو تشريب) الأقمشة بالمطاط – كل ذلك لا يخرج عن كونه عملية إعداد غربال ، شبيه بالذى تحدثنا عنه الآن . إن حقيقة الأمر واحدة فى كلتا الحالتين ، ولكنها فى حالة الغربال تبدو بصورة غير مألوفة .

صدق أو لا تصدق ... أنت الذى تدفىء معطفك الفرو لا العكس !

ماذا تكون إجابة تلاميذك إذا قلت لهم أن معطف الفرو لا يدفىء مطلقًا ؟! عدم التصديق بالطبع . حسن ، ماذا لو بدأت فى إثبات كلامك بعدد من التجارب ؟ لتبدأ مثلا بالتجربة التالية :

خذ ترمومتراً وسجل درجة الحرارة التى يعطيها ثم دثره بمعطف الفرو وعد إليه بعد عدة ساعات . وعندما تقرأ درجة الحرارة بعد ذلك ، ستكون على يقين أنت وتلاميذك ، من عدم ارتفاعها ولو بمقدار ربع درجة . إذ ستبقى درجة الحرارة على ما كانت عليه سابقا دون تغيير . وهذا دليل على أن معطف الفرو لا يدفىء .

وماذا تكون إجابة تلاميذك إذا قلت لهم أن معطف الفرو يبرِّد ؟ !! – الانكار كل الانكار بالقطع . حسن ، إجر أمامهم التجربة التالية :

خذ كيسين فيهما جليد ، ودثر أحدهما بمعطف فرو واترك الآخر مفتوحًا فى الغرفة . وعندما يذوب الجليد الموجود فى الكيس الثانى ارفع معطف الفرو عن الكيس الأول ، ترى أن الجليد الذى فى داخله لم يبدأ بالذوبان بعد . وهذا يعنى أن معطف الفرو لم يدفِّء الجليد قط بل حتى ، كما يبدو ، عمل على تبريده فجعله يتأخر فى الذوبان . ماذا يمكننا القول هنا ؟ وكيف ندحض هذه الشواهد والبراهين ؟ .

إننا لا نستطيع أن نفعل ذلك ، لأن معطف الفرو لا يدفىء فى الواقع ، إذا قصدنا بكلمة « يدفىء » – يعطى حرارة .

إن المصباح والموقد وجسم الإنسان كلها تدفىء ، لأنها تعتبر مصادر للحرارة . ولكن معطف الفرو . بالمعنى المذكور للكلمة ، لا يدفىء مطلقًا . **فمعطف الفرو لا يعطى حرارته للجسم ، ولكنه يحول دون تسرب حرارة الجسم إلى الخارج .** ولهذا السبب ، فإن الحيوانات ذات الدم الحار ، التى تكون أجسامها بالذات مصدرًا للحرارة ، تشعر بالدفء عندما تغطى بالفرو أكثر مما تشعر به عندما تكون بدون فرو . ولكن الترمومتر لا يولد حرارة ذاتية كما لا تتغير درجة حرارته عندما ندثره بمعطف الفرو . أما الجليد المدثر بمعطف الفرو فيحافظ على درجة حرارته المنخفضة لمدة أطول ، وذلك لأن معطف الفرو ، باعتباره موصل ردىء جدًّا للحرارة ، يعرقل وصول الحرارة إلى الجليد من الخارج ، أى من هواء الغرفة .

والثلج يشبه معطف الفرو من هذه الناحية . فهو يدفىء الأرض لأنه ، كبقية المساحيق الأخرى ، موصل ردىء للحرارة وبذلك يعرقل تسرب الحرارة من الأرض المغطاة به ، وفى الأرض المغطاة بطبقة واقية من الثلج ، يشير الترمومتر فى كثير من الأحيان إلى درجة حرارة تزيد بعشر درجات عن درجة حرارة الأرض غير المغطاة بالثلج .

وهكذا ، فإذا سئلنا هل يدفىء معطف الفرو أجسامنا أم لا ؟ ، فمن الضرورى الإجابة على ذلك بقولنا : إن معطف الفرو يساعدنا فقط على تدفئة أجسامنا بأنفسنا . وكان من الأصح أن نقول بأن أجسامنا هى التى تدفىء معطف الفرو ، وليس المعطف هو الذى يدفىء أجسامنا ! .

الجليد ... لا يذوب فى الماء المغلى !

خذ أنبوبة اختبار واملأها بالماء ثم اغمر فيها قطعة من الجليد ، ولكى لا تطفو القطعة فوق الماء (الجليد أخف من الماء) أثقلها بقطعة من الرصاص أو النحاس . ولكن يجب عند ذلك أن يصل الماء إلى قطعة الجليد بحرية . والآن قرِّب أنبوبة الاختبار من مصباح كحولى بحيث يلامس لهبه القسم العلوى لأنبوبة الاختبار فقط .

عندئذ يبدأ الماء فى الغليان توًا ، وتخرج من الأنبوبة سحب من البخار . وتلاحظ شيئاً غريبًا هو عدم ذوبان الجليد الموجود فى أسفل الأنبوبة . أليس ذلك شيئًا مدهشًا ؟ – جليد لا يذوب فى الماء المغلى ! .

إن حل اللغز يتلخص فى أن الماء الموجود فى أسفل الأنبوبة لا يغلى مطلقًا ، بل يبقى باردًا ويغلى الماء الموجود فى أعلى الأنبوبة فقط .

إن ما لدينا هنا هو « جليد تحت الماء المغلى » وليس « جليد فى الماء المغلى » . وعندما يتمدد الماء بتأثير الحرارة فإنه يصبح خفيفًا ولا يهبط إلى أسفل بل يبقى فى أعلى الأنبوبة . كما أن تيارات الماء الساخن وانزياح طبقاته تحدث فى القسم العلوى من الأنبوبة فقط ولا تمتد إلى الطبقات السفلى الأكثر كثافة . ويمكن انتقال الحرارة إلى أسفل عن طريق الموصلية الحرارية فقط ، غير أن موصلية الماء الحرارية قليلة للغاية .

أيهما الأهم : الميزان أم الأوزان ؟!

عند تدريب تلاميذك على استخدام الميزان الحساس وإكسابهم مهارة وزن الأجسام المختلفة به ، يمكنك أن تسألهم السؤال الغريب التالى : ما هو الشىء الأهم بالنسبة لعملية الوزن الصحيحة : الميزان أم الأوزان ؟ وسوف يكون التلاميذ مخطئون إذا اعتقدوا بأنهما على درجة واحدة من الأهمية . إذ يمكن أن نحصل على وزن مضبوط تمامًا دون أن يكون لدينا ميزان مضبوط ، بشرط أن تكون لدينا صنجات مضبوطة ! . وهناك عدة طرق للحصول على الوزن المضبوط من ميزان غير مضبوط .

الطريقة الأولى : طريقة الحمل الثابت :

وهى الطريقة التى اقترحها العالم الكيميائى الروسى « ديمترى منديليف » . ابدأ الوزن بوضع ثقل ما من أى نوع كان فى إحدى كفتى الميزان ، وعلى شرط أن يكون أثقل من الجسم المراد وزنه . عادل هذا الثقل بعيارات توضع فى الكفة الثانية للميزان . بعد ذلك ضع الجسم المراد وزنه فى الكفة المحتوية على العيارات ، وارفع منها العيارات الزائدة إلى أن يعود التوازن المفقود إلى كفتى الميزان . وكما يبدو ، فإن وزن العيارات المرفوعة يساوى وزن الجسم ، لأننا استعضنا عن تلك العيارات بوزن الجسم الموضوع فى نفس الكفة بالذات ، الأمر الذى يعنى أن وزن الجسم يساوى وزن العيارات المرفوعة .

وتعرف هذه الطريقة ، كما قلنا بطريقة الحمل الثابت ، وهى مريحة وعملية خاصة عند القيام بوزن عدة أجسام الواحد تلو الآخر ، إذ يبقى الحمل الابتدائى ثابتًا ليستخدم فى كافة عمليات الوزن .

الطريقة الثانية : طريقة الوزن بالاستبدال :

وهى الطريقة التى اقترحها « بورد » . ضع الجسم المراد وزنه فى إحدى كفتى الميزان ، وضع فى الكفة الثانية رملا أو خردقًا إلى أن تتوازن الكفتان . ارفع الجسم المراد وزنه من كفة الميزان (مع عدم التعرض للرمل) ، وضع فيها عيارات إلى أن تعود الكفتان إلى توازنهما السابق . ومن الواضح الآن أن وزن العيارات يساوى

وزن الجسم الذى استبدل بها . ومن هنا أتت التسمية « الوزن بالاستبدال » .

وهذه الطريقة البسيطة يمكنك استخدامها أيضًا بالنسبة للميزان الزنبركى الذى يحتوى على كفة واحدة فقط ، إذا كانت لديك بالإضافة إلى ذلك ، عيارات مضبوطة . وفى هذه الحالة لن تحتاج إلى الرمل أو الخردق . ضع الجسم المراد وزنه فى كفة الميزان ولاحظ العلامة التى يقف عندها المؤشر . ثم ارفع ذلك الجسم وضع محله العيارات اللازمة لإعادة المؤشر إلى نفس العلامة التى وقف عندها فى المرة الأولى . إن وزن العيارات ، كما يتضح ، يجب أن يساوى وزن الجسم الذى استبدل بها .

ما هو وزن الماء فى الكأس المقلوبة ؟!

إذا وجهت هذا السؤال لتلاميذك فماذا تكون إجاباتهم ؟ . سوف يجيبون على الفور بأن الماء فى الكأس المقلوبة لا يزن أى شىء بالطبع ، لأن الماء سينسكب من ذلك الكأس فى الحال . إنها ولا شك إجابة جد منطقية .

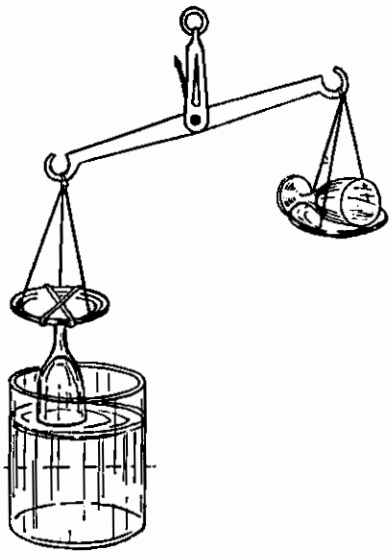
ولكن إذا فرضنا أن الماء لن ينسكب ، فماذا سينتج عن ذلك ؟ .

فى الواقع ، يمكنك ابقاء الماء فى الكأس المقلوبة بحيث لا يمكنه الانسكاب منها . وهذه الحالة مبينة فى الشكل رقم ١١٥ ، الذى يمثل كأسًا زجاجية مقلوبة وقد ربطت من قاعدتها إلى إحدى كفتى الميزان . والكأس المذكورة مملوءة بالماء الذى لا ينسكب ، وذلك لأن فوهة الكأس مغطَّسة فى وعاء من الماء . أما فى الكفة الأخرى للميزان ، فقد وضعت كأس فارغة تشبه الكأس الأولى تمامًا .

والآن أى الكفتين سترجح ؟ وجه هذا السؤال للتلاميذ .

إن الكفة التى سترجح هى تلك التى ربطت إليها الكأس المقلوبة المملوءة بالماء . إن هذه الكأس المقلوبة تتعرض من أعلى إلى ضغط جوى كامل ، وتتعرض من أسفل إلى ضغط يقل عن الضغط الجوى بما يعادل وزن الماء الموجود فى داخل الكأس المذكورة . ولكى تتوازن كفتا الميزان ، لابد فى هذه الحالة من ملء الكأس الموضوعة فى الكفة الثابتة بالماء .

وعند تطبيق الشروط التى أشرنا إليها ، نستنتج أن وزن الماء الموجود فى الكأس المقلوبة يساوى وزن الماء الموجود فى الكأس الموضوعة بصورة طبيعية .



شكل رقم (١١٥) عملية وزن الماء الموضوع فى كأس مقلوبة

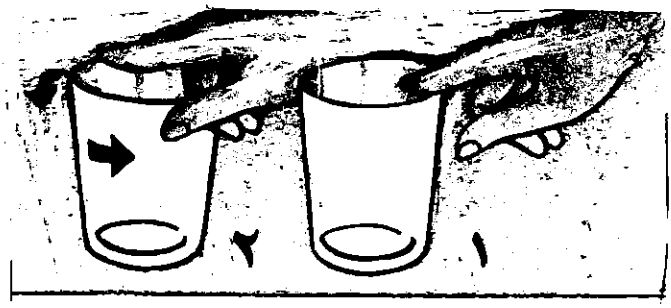
شكل رقم (١١٦) هل يمكن للزجاجات أن تغنى ؟

أكواب ... تغنى !

فى تدريسك لدرس عن « حدوث الصوت » يمكنك أن تصنع أمام تلاميذك أبسط أنواع الآلات الموسيقية وأقدمها .

خذ ثمان مرطبانات زجاجية كبيرة وضعها فى صف واحد . املأ أول زجاجة فى الصف بالماء ، وصب الماء فى الثانية حتى لا يبقى فى أعلاها إلا فراغ قدره بوصة واحدة . كرر العملية فى بقية الزجاجات بحيث يكون الماء فى كل زجاجة أقل من الماء فى الزجاجة السابقة كما هو مبين بالشكل رقم ١١٦ . خذ ملعقة صغيرة أو عصا رفيعة وانقر بها على كل زجاجة بخفة ، ستجد أنك إذا عدَّلت كميات الماء فى بعض الزجاجات ستحصل على نغمات السلم الموسيقى وأنك تستطيع أن تلعب نغمات بسيطة .

كذلك يمكنك أن تجعل الأكواب تغنى نغمة طويلة . بلل إصبعك ومرره برقة حول حافة أحد الأكواب ولا تيأس سريعًا . (شكل رقم ١١٧) لاحظ أن للزجاج الرقيق أسرع استجابة من نظيره السميك .



شكل رقم (١١٧) نغمة من الأكواب

رؤية ... الصوت !

وهل الصوت يرى ؟! . فى تدريسك للدرس السابق يمكنك القيام ببعض العروض العملية التى تعتبر بمثابة محاولة لبيان الذبذبات (الاهتزازات) السطحية المنتجة للصوت . ومن هذه العروض :

١ - امسك شوكة رنانة من طرفها السفلى بخفة واطرق شعبتيها بمطرقة خاصة واجعل أحد التلاميذ يصغى إلى الصوت الناتج . اطرق الشعبتين ثانية والمس سطح الماء فى حوض بإحدى شعبتى الشوكة أو بهما معًا . ماذا يحدث ؟! إن الشوكة المهتزة ترشرش الماء حول منطقة التلامس .

٢ - ضع طبلة فوق المنضدة وانثر على سطحها قليلاً من حبوب القمح ، انقر الطبلة نقرًا خفيفاً ، ووجه نظر التلاميذ إلى تراقص الحبات على سطح الطبلة . هذا وبوسعك كذلك أن توجه نظر تلاميذك إلى إمكانية « لمس » الصوت أيضًا إذا ما ضغط كل منهم بالسبابة والابهام على جانبى حنجرته أثناء الكلام .

مرآة ... صوتية !

عند تدريس درس عن « صدى الصوت » سل تلاميذك هل سمعتم عن المرايا الصوتية ؟ وسوف يجيبون فورًا وباستغراب : مرايا صوتية ! إن كل المرايا التى نعرفها أو نسمع عنها هى مرايا ضوئية . ومع ذلك فالمرايا الصوتية موجودة . إذ أن كلا من الجدار والسياج الخشبى العالى والجبل وكل حاجز عمومًا يعكس الصدى ما

هو إلا مرآة صوتية . إذ إنه يعكس الصوت تمامًا كما تعكس المرآة المستوية الضوء .

ولا تكون المرايا الصوتية مستوية فقط ، بل تكون مقعرة أيضًا . إن المرايا الصوتية المقعرة تعمل عمل العاكس ، حيث تركز « الأشعة » الصوتية فى بؤرتها .

ويمكنك القيام بتجربة ممتعة من هذا القبيل إذا أحضرت طبقين من أطباق الحساء . ضع أحد الطبقين على المنضدة وتناول ساعة جيب وضعها فى يدك على بعد عدة سنتيمترات من قعر الطبق ، وأمسك الطبق الثانى قريبًا من أذنك كما هو مبين بالشكل رقم (١١٨) فإذا كان وضع الساعة والأذن والطبقين صحيحاً (يتم التوصل إلى ذلك الوضع الصحيح بعد عدة محاولات) ، لسمعت دقات الساعة كما لو كانت تنبعث من الطبق القريب من الأذن بالضبط . وعندما تغمض عينيك يزداد تأثير ذلك الإنطباع ، حتى أنك لا تستطيع فى هذه الحالة أن تميز تمامًا بأية يد تمسك الساعة باليمنى أم باليسرى ! .

شكل رقم (١١٨) المرايا الصوتية المقعرة

ومن طريف ما يذكر فى هذا الصدد أن بنائى القصور فى القرون الوسطى كثيراً ما كانوا يقومون بالعمل على ابتداع العجائب الصوتية ، وذلك بوضع تمثال نصفى إما فى بؤرة مرآة صوتية مقعرة أو عند نهاية أنبوب تخاطب مخفى فى الجدران بصورة فنية . ويبدو لمن يزور مثل هذه الأماكن وكأن التماثيل المرمرية تهمس وتغنى ! .

عاصفة رعدية ... فى معمل الفيزيقا !

يمكنك إحداث مثل هذه العاصفة بسهولة فى المعمل عند تدريسك لدرس عن « الكهربية الساكنة » . وذلك باستخدام أنبوبة مطاطية وغمر أحد طرفيها فى سطل ماء موضوع فى مكان مرتفع ، أو إدخال ذلك الطرف فى صنبور الماء . ويجب أن تكون فتحة خروج الماء من الطرف الثانى للأنبوبة صغيرة جداً بحيث يتدفق الماء من النافورة على هيئة رشاش . وأسهل طريقة للقيام بذلك ، هى أن تدخل فى طرف الأنبوبة الثانى قلمًا من أقلام الرصاص بعد إخراج لبابه الجرافيتى . ولسهولة استخدام النافورة يثبت الطرف الحر للأنبوبة فى داخل قمع مقلوب ، كما هو مبين بالشكل رقم ١١٩ .

والآن اجعل الماء يتدفق من النافورة بصورة عمودية إلى ارتفاع نصف متر ، وقرِّب منه قضيبًا من شمع الختم أو مشطًا من الابونيت ، بعد فركها مسبقًا بقطعة من الجوخ . سوف ترى وتلاميذك شيئًا غير متوقع فى الحال ، حيث تلتحم تيارات الماء المتفرقة فى تيار واحد متماسك يرتطم بقعر الصحن الموضوع تحته ويحدث صوتًا قويًا أشبه ما يكون بصوت العاصفة الرعدية .

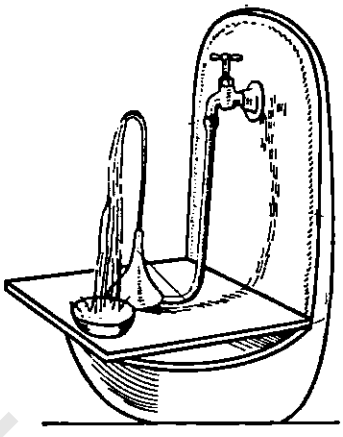
ويقول العالم الفيزيقى « بويس » بهذه المناسبة : « ليس هناك شك فى أن هذا السبب بالذات هو الذى يجعل حجم قطرات المطر يزداد كثيرًا أثناء العواصف الرعدية » . ابعد شمع الختم أو مشط الابونيت عن النافورة ، ترى أن تدفق الماء يعود حالا إلى وضعه السابق ويختفى الصوت الرعدى ليحل محله صوت تدفق الماء بنعومة .

سوف يتساءل التلاميذ بدهشة عن سبب حدوث هذه الظاهرة غير المتوقعة خصوصًا وأنه باستطاعتك أن تجعل من قضيب شمع الختم أو مشط الأبونيت عصًا سحرية بالنسبة لهؤلاء التلاميذ غير المطلعين على حقيقة الأمر .

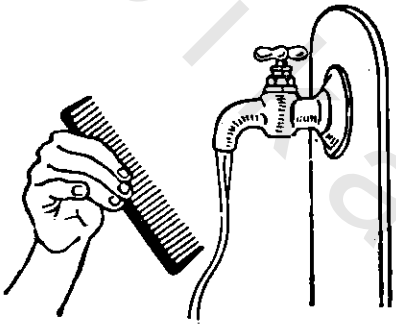
إن السبب فى حدوث هذه الظاهرة يرجع إلى كهربة القطرات المائية بالحث . إذ أن القطرات القريبة من شمع الختم تشحن بشحنة موجبة ، أما القطرات البعيدة عنه فتشحن بشحنة سالبة . وهذا الأمر هو الذى يجعل القطرات تندفع مع بعضها نتيجة للتجاذب المتبادل بين القطرات المختلفة الشحنة .

المشط ... العجيب !

وفى الدرس السابق أيضًا ، وبدلاً من إحداث العاصفة ، هناك طريقة أبسط يمكنك بواسطتها اكتشاف تأثير الكهرباء على تيار الماء المنهمر . مشط شعرك بسرعة بمشط من الابونيت ثم قربه من تيار الماء الجارى من الصنبور بحيث يكون التيار على شكل خيط رفيع جدًا ، عندئذ سترى وتلاميذك كيف أن تيار الماء يصبح متماسكًا ويتقعر نحو المشط مبتعدًا عنه[1] . (شكل رقم ١٢٠) .



شكل رقم (١١٩) عاصفة رعدية فى الغرفة



شكل رقم (١٢٠) عند تقريب مشط مكهرب من تيار مائى نجد أن ذلك التيار ينحنى مبتعدًا عن المشط

والصندوق ... الأعجب !

لازلنا فى درس « الكهربية الساكنة » . ويمكنك أن تجرى لتلاميذك تجربة العرض الطريفة التالية :

أحضر صندوقًا أو وعاءً مغطى بلوح زجاجى فى داخله لعب صغيرة من الورق تقفز وترقص نتيجة دلك اللوح الزجاجى بمنديل حرير . وكلما هدأت اللعب أعد دلك اللوح الزجاجى بالمنديل لتعاود الرقص من جديد !

---

(١) قام المؤلف بإجراء هذه التجربة المثيرة أمام طلاب التربية العملية وتلاميذهم فى عدد من المدارس الإعدادية ، وقد استحوذت عليهم جميعًا عجبًا ودهشة . ويلاحظ أنه باستخدام قضيب الابونيت (الأبيض) بالذات نحصل على أفضل النتائج .

سوف يسر التلاميذ مما يشاهدون وبه يستمتعون ، غير أنهم فى تفسيره يحتارون . والتفسير بسيط بساطة التجربة . إن مسح اللوح الزجاجى بالمنديل يولد شحنة موجبة فيه ، وهذا ما يجعل اللعب الورقية تنجذب نحو الزجاج .

قبلة ... البالون !

ويمتد بنا درس « الكهربية الساكنة » إلى تجربة عرض طريفة رابعة :

املأ بالونين بغاز الايدروجين واربطهما بخيطين رفيعين ممسكاً بطرفيهما وارسم وجهاً لإنسان على كل من البالونين . ادعك وجهى البالونين بقطعة من الفرو أو الصوف ، وشاهد وتلاميذك كيف يتنافران .

ضع يدك بينهما ، ماذا يحدث ؟ قرب إحدى البالونين إلى خد أحد التلاميذ ، ماذا تلاحظ أنت وبقية التلاميذ ؟ .

كهرباء ... من ليمونة !

فى درس عن « توليد الكهربية » يمكنك إجراء تجربة العرض الطريفة التالية :

اضغط ليمونة بين أصابعك لتمزيق جزء من أنسجتها الداخلية وافراز عصارتها . اغرس فى الليمونة لوحان أحدهما من النحاس والآخر من الخارصين بحيث لا يتلامسان داخل الليمونة ، صل طرفى هذين القطبين بجلفانومتر حساس ، تلاحظ وتلاميذك انحراف مؤشره ، مما يدل على تولد تيار كهربى من الليمونة ! .

... ومن عملة معدنية !

فى الدرس السابق يمكنك أن تجعل النقود تعطى تيارًا كهربيًا أيضًا . أحضر عملتين معدنيتين – من فلزين مختلفين – وضع بينهما قطعة من ورق النشاف مبللة بمحلول ملح الطعام . صل طرفى العملتين بواسطة سلكين من النحاس إلى جلفانومتر حساس ، تلاحظ وتلاميذك انحراف مؤشره ، مما يدل على تولد تيار كهربى من العملة المعدنية ! .

الكتابة ... بالكهرباء !

يمكنك الكتابة بالكهرباء – كيف !! بلل ورقة ترشيح بمحلول من ملح الطعام مضاف إليه قليل من الفينول فيثالين . ضع الورقة المبللة على لوح معدنى واكتب بالقطب السالب لبطارية جافة . ويمكنك أيضًا استخدام محلول من يوديد البوتاسيوم والنشا .

الانكسار ... هو السبب !

فى تقديمك لدرس عن « انكسار الضوء » وجه نظر التلاميذ إلى الخطر الكبير الذى يتعرض له السباحون القليلو الخبرة ، ويكمن هذا الخطر فى عدم إدراك هؤلاء السباحين لإحدى نتائج انكسار الضوء المهمة . وهى أن الانكسار يؤدى إلى ظهور الأشياء المغمورة فى الماء فى مستوى أعلى من مستواها الحقيقى بالذات . إذ يبدو قاع البركة أو النهر أو أى حوض ماء لعين الناظر مرتفعًا إلى ثلث العمق الحقيقى تقريبًا . وهذا العمق الظاهرى كثيراً ما يخدع الناس المستحمين ويعرضهم إلى شتى المخاطر . لذا يجب أن تُذكِّر من لا يجيدون السباحة من تلاميذك بهذه الحقيقة ، لأن الخطأ فى تقدير العمق قد يؤدى بهم إلى الموت غرقًا .

سوف يتساءل التلاميذ مشدوهين : ولكن ما سبب هذا الظاهرة بالضبط ؟ الانكسار هو السبب ، طبعًا انكسار أشعة الضوء . ذلك أن القانون البصرى الذى يجعل الملعقة المغمورة إلى نصفها فى كأس الماء تبدو وكأنها مكسورة (شكل رقم ١٢١) هو نفسه الذى يجعل قاع البركة أو النهر أو حوض السباحة يبدو أعلى مما هو عليه .

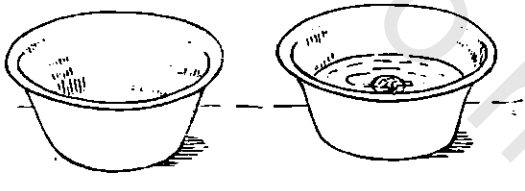
وهنا تكون الفرصة مواتية لإجراء تجربة العرض التالية التى تؤكد صحة ما تقدم :

اطلب من أحد التلاميذ أن يجلس إلى منضدة العرض بحيث لا يمكنه رؤية قعر الفنجان الموضوع أمامه . ضع قطعة نقود فى قعر الفنجان بحيث تكون – بطبيعة الحال – مخفية عن عينى ذلك التلميذ وراء جدران الفنجان التى تحجب رؤيتها عنه ، والآن اطلب من التلميذ ألا يحرك رأسه ، ثم صب الماء فى ذلك الفنجان . وهنا ستحدث مفاجأة غير متوقعة ، إذ سيرى التلميذ قطعة النقود الموجودة فى قعر

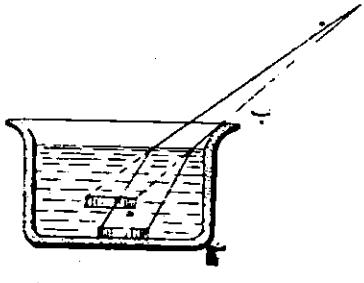
الفنجان ! وعندما تفرغ الماء من الفنجان ، ترى بأن القمر يأخذ فى الانخفاض تدريجيًا ومعه قطعة النقود ، فتتوارى عن عينى ذلك التلميذ مرة أخرى . (شكل رقم ١٢٢) .

ويبين الشكل رقم ١٢٣ كيفية حدوث هذه الظاهرة . إن قطعة النقود ، الموضوعة فى قعر الفنجان ، تبدو للناظر (الذى تقع عينه فى النقطة ا فوق الماء) فى وضعية مرتفعة . إن الاشعة تنكسر ، وبانتقالها من الماء إلى الهواء ، تسقط على العين كما هو مبين بالشكل . وهكذا فإن العين ترى قطعة النقود على امتداد خطوط الأشعة هذه ، أى فوق الموضع الحقيقى للقطعة المذكورة . وكلما زاد ميل الأشعة كلما زاد ارتفاع موضع القطعة م . ولهذا السبب فإننا عندما ننظر من القارب إلى قاع البحيرة المستوى ، فإنه يبدو على الدوام بأن جزء القاع الموجود تحتنا تمامًا هو أعمق من بقية الأجزاء المحيطة به .

شكل رقم (١٢١) الصورة المشوهة للملعقة الموضوعة فى داخل قدح فيه ماء



شكل رقم (١٢٢) تجربة قطعة النقود الموضوعة فى الفنجان



شكل رقم (١٢٣) السبب الذى يجعل قطعة النقود المبينة فى الشكل (١٢٢) تبدو فى موضع أعلى من موضعها الحقيقى

الحصول على طيف ... بدون منشور !

فى درس عن « طبيعة الضوء » يمكنك الحصول - أمام تلاميذك - على ألوان الطيف المرئى بدون استخدام منشور زجاجى .

ضع صينية ماء فى ضوء الشمس الساطع . أسند مرآة جيب مستطيلة إلى جانب الصينية بحيث تنغمر المرآة فى ماء الصينية بشكل مائل واضبط وضع المرآة حتى تحصل على طيف على سطح أو جدار قريب .

أيهما يسقط ... أولا ؟

أيهما يسقط أولا : الجسم الثقيل أم الجسم الخفيف ؟ . إنهما يسقطان - كما أشرنا إلى ذلك فى الفصل الأول فى الطرفة « صدق أو لا تصدق ... يسقط الجسمان الخفيف والثقيل معًا ! » - معًا . وقد أشرنا إلى تجربة خاصة بذلك فى هذه الطرفة .

ويمكنك إجراء التجربة السهلة التالية لإثبات صحة ذلك الاستنتاج الطريف أيضًا :

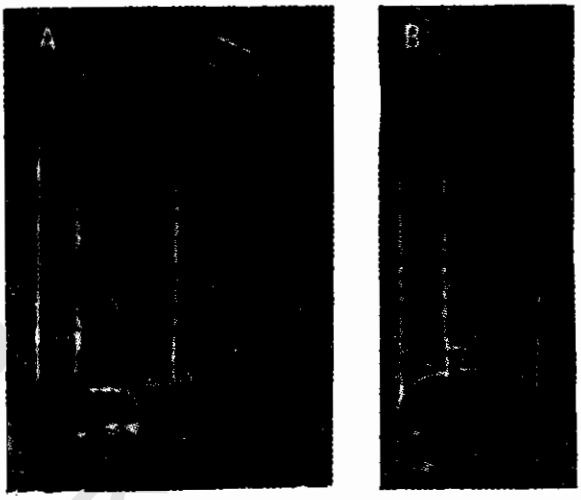
خذ قطعة نقود معدنية ، ثم قص قرصًا من الورق أصغر منها قليلا . فإذا أخذت القطعة بيد والقرص باليد الأخرى وأسقطتهما معًا على الأرض فى لحظة واحدة ، فإنك تلاحظ (شكل رقم ١٢٤ أ) أن القطعة تصل إلى الأرض أولا .

ضع القرص فوق القطعة وأسقطهما معًا (شكل رقم ١٢٤ ب) تجد أنهما يصلان إلى الأرض فى لحظة واحدة . ما السبب ؟ - إن قطعة النقود المعدنية تمنع الهواء من أن يعيق سقوط القرص .

إن هذه التجربة - على بساطتها - تلخص نفس ما توصل إليه « جاليليو » فى تجربته التاريخية التى أجراها من فوق برج « بيزا » مستخدمًا ثقلان أحدهما أكبر من الآخر بكثير ومع ذلك سقطا معًا ! .

السر ... فى القصور !

فى تدريسك لدرس عن « القصور الذاتى » أو « القانون الأول لنيوتن » يمكنك القيام بالتجربتين الطريفتين البسيطتين التاليتين :



شكل رقم (١٢٤)
أيهما يسقط أولاً : الجسم الثقيل أم الجسم الخفيف ؟

التجربة الأولى : القرش . . . فى الكوب [١]

احضر كوبًا زجاجية فارغة وضع عليها قطعة من الورق المقوى فوقها عملة معدنية ، اضرب القطعة الورقية بسرعة مستعملاً السبابة والإبهام ، ماذا يحدث للعملة المعدنية ؟ . إنها تسقط فى الكأس ، ولكن لماذا لم تتحرك مع قطعة الورق ؟ . لقد حركت القوة الناتجة من الإصبع قطعة الورق ، بينما حفظ القصور الذاتى العملة المعدنية فى مكانها حيث لم تبذل عليها أى قوة ، وبما أن قطعة الورق قد سحبت من تحت العملة المعدنية ، فإن قوة الجاذبية جذبت الأخيرة إلى أسفل .

---

(١) عندما أجرى المؤلف هاتين التجربتين وجد بالنسبة للتجربة الأولى – أنه مادامت الضربة مستقيمة فإن العملة المعدنية لابد فى الكوب ساقطة . وبالنسبة للتجربة الثانية ، استخدم ورقة صحيفة بدلاً من قطعة القماش ، ووضع فوقها – على منضدة العرض – كئوس وساعة يد وصندوق طباشير ، ونجحت التجربة فى كل حالة ما دام السحب يتم بسرعة وباستقامة سطح المنضدة .

التجربة الثانية : لا ... لن يسقطوا !

احضر قطعة قماش كبيرة طولها حوالى متر وعرضها نصف متر وبعض الأجسام الثقيلة مثل كئوس ودوارق مملوءة بالماء أو تكاد . ضع قطعة القماش على منضدة العرض وضع فوقها هذه الأجسام .

سل التلاميذ : ماذا يحدث عندما نسحب قطعة القماش بسرعة ؟ سوف يتوقع معظمهم سقوط الأوانى الزجاجية وانسكاب الماء . ولكن شيئًا من ذلك لن يحدث !

لقد كان القصور الذاتى للأجسام أكبر من الاحتكاك الذى حاول أن يسحب الأجسام التى على قطعة القماش .

تحريك السهم ... بدون محرك !!

أحضر حوضًا كبيراً به ماء وضع فوق سطحه سهماً من مادة خفيفة تطفو على سطح الماء (خشب أبلكاش) بعد أن تكون قد لصقت به قطعة من مادة معينة لم يشاهدك التلاميذ عند لصقها . الفت نظر التلاميذ إلى أن السهم سيتحرك حركة أفقية سريعة من تلقاء ذاته . إبتعد عن منضدة العرض حتى لا يفسر قربك منها بفكرة الجذب المغناطيسى .

وهنا يندهش التلاميذ حقاً عندما يرون السهم - بعد أن ذابت المادة الملتصقة به - قد تحرك حركة أفقية سريعة من تلقاء ذاته ! .

سل التلاميذ: ما هى المادة التى لصقت بالسهم ؟ ما التفسير الفيزيقى لحركة السهم دون تدخل مباشر من المعلم ؟ ما هو الدرس الذى يمهد هذا العرض العملى لتدريسه ؟ .

إن المادة التى لصقت بالسهم هى قطعة من الصابون . وعندما ذابت فى الماء تكون محلول صابون توتره السطحى قليل (٢٤ داين /سم) بينما الماء فى الجانب الآخر من الحوض توتره السطحى كبير (٧٥ داين /سم) ، ولما كانت القاعدة الفيزيقية تشير إلى تحرك السائل من الوسط الذى فيه توتره السطحى صغير إلى الوسط الذى فيه توتره السطحى كبير ، لذا يندفع الماء إلى الجانب الآخر من الحوض حاملاً معه السهم ومسببًا حركته ! . والدرس - بالطبع - هو التوتر السطحى للسوائل .

ثانيًا : من ميدان علم الكيمياء

الغريب ... فى عالم الاشتعال :

عند تدريس درس عن « الاشتعال » يمكنك ، عزيزى معلم الكيمياء ، القيام بالعروض الطريفة التالية :

● **اشعال السكر ... بدون لهب !**

امزج مسحوق السكر ومسحوق كلورات البوتاسيوم بنسبة ١ : ٢ وزنًا وضعهما فى طبق وادع بأنه سكر ، وإن شك أحد التلاميذ فى ذلك دعه يتذوقه بطرف لسانه . فإذا لمست المزيج بساق زجاجية سبق غمس طرفها فى حمض الكبريتيك المركز فإن المزيج سرعان ما يشتعل فى الحال ![1] (الشكل رقم ١٢٥) .

● **اشعال سيجارة بقطعة ... من الثلج !**

ادخل قطعة صغيرة من الصوديوم أو البوتاسيوم فى نهاية سيجارة ثم المس قطعة الثلج بطرف السيجارة تجد أنها تشتعل ! (الشكل رقم ١٢٦) .

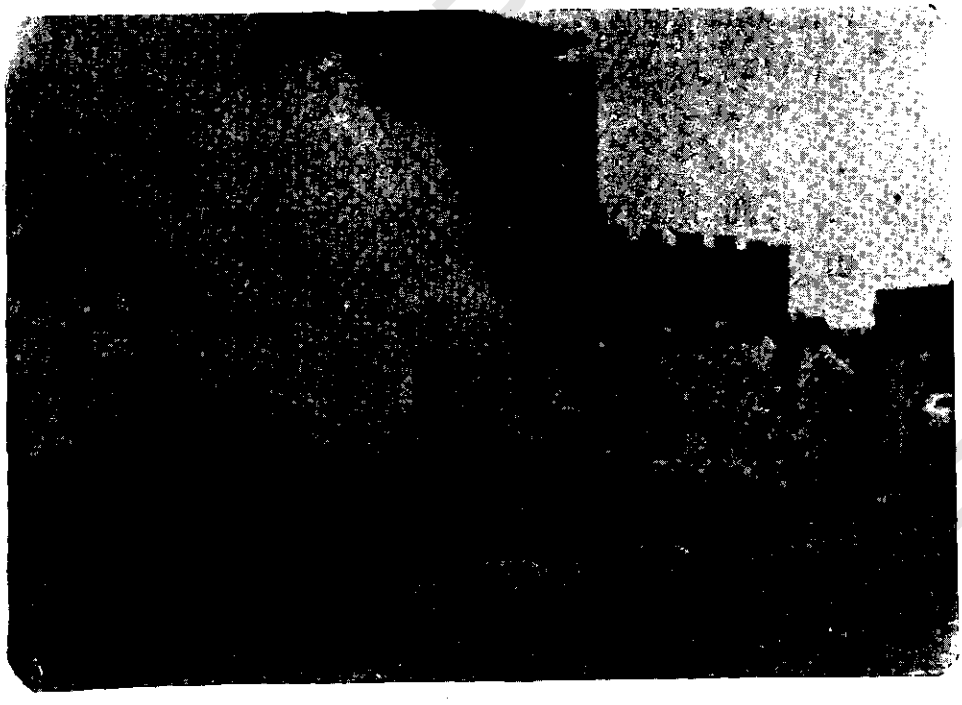
● **حبل ... لا يحترق !**

ضع حبلا عاديًا فى محلول مكون من : ١٥ جزءًا بالوزن من كلوريد الأمونيوم ، ٦ أجزاء بالوزن من البوراكس ، ١٠٠ جزء بالوزن من الماء . اترك الحبل فى المحول وسخنه إلى ١٠٠° م لمدة ثلاث ساعات . اعصر الحبل وجففه ثم إعطه لأحد التلاميذ ليضعه على النار يجده لا يحترق ! .

---

(١) يجب إجراء هذه التجربة فى مكان متسع مثل فناء المدرسة ولا تجرى فى المعمل لخطورتها . وقد قام الكاتب بإجرائها فى كثير من المدارس الإعدادية والثانوية . وقد وجد أنها تعطى أفضل النتائج عندما نأخذ الذات ٢٥ جرامًا من السكر ونمزجها فى هاون مع ٥٠ جرامًا من كلورات البوتاسيوم ثم نضع المزيج فى طبق بترى . وعند إضافة الحمض المركز يحدث الاشتعال بكل الوضوح ولمدة كافية ويتلاشى أى أثر للطبق البترى . وجدير بالذكر أن هذه التجربة تصلح تمامًا كعرض عملى طريف أيضًا يوضح الخصائص المميزة للتغيرات الكيميائية .

شكل رقم (١٢٥ – أ) المؤلف أثناء إجرائه تجربة إشعال السكر بدون لهب



شكل رقم (١٢٥ – ب) نتيجة التجربة بعد الانتهاء منها

شكل رقم (١٢٦) اشعال سيجارة بقطعة من الثلج

تحويل الماء إلى شربات ... وإلى لبن !

يمكنك تحويل (الماء) إلى شربات ثم إلى لبن . كيف ؟

أحضر دورقاً به سائل فى مظهر الماء وما هو بماء وكأسًا زجاجية تبدو فارغة وما هى بفارغة . « ولكن ماذا ونحن نريد أن نشرب قليلا من شراب الفراولة ؟ » تقول ذلك ثم تسكب بعضًا من ماء الدورق فى الكأس ، تجد أن (الماء) قد أصبح فى لون شراب الفراولة ! .

obeikandl.com

« ولكن قد يكون أحدكم - أعزائى الطلاب - بحاجة أيضًا إلى كوب من اللبن بدلا من الكوب الذى نسى أن يشربه هذا الصباح ... لا بأس ، سوف نحضر له حالا كوب اللبن من شراب الفراولة ! » وعندئذ تسكب بعضًا من (شراب الفراولة) فى زجاجة لبن تبدو فارغة وما هى بفارغة ، تجد أن الشراب الأحمر قد تحول إلى حليب ! .

« ولعلكم تريدون الآن - أعزائى التلاميذ - أن تعرفوا السر العلمى وراء مثل هذه التجارب المثيرة » . هكذا تخاطب تلاميذك ثم تبدأ بالتفسير :

إن (الماء) الذى فى الدورق لم يكن بالطبع ماء ، وإنما كان محلولا مخففاً جدًا من حمض الأيدروكلوريك مضافًا إليه قطرات من كشاف كيميائى (يمكن تحضير هذا المحلول بإضافة حوالى ١٥ قطرة من حمض الأيدروكلوريك المركز إلى نصف لتر من ماء الصنبور العادى فى الدورق ، ثم اضافة بضع قطرات من محلول الفينول فيثالين إلى المحلول المتكون . ولا يؤثر محلول الحمض فى إحداث أى تغيير للون الكشاف ومن ثم يبقى المحلول كله شفافًا عديم اللون كالماء) .

كذلك فإن الكأس الزجاجية لم تكن فارغة تمامًا وإنما سبق غسلها بمحلول مركز من أيدروكسيد الصوديوم ، وهذا المحلول يعادل الحمض فى الماء الذى يصب فى الكأس ومن ثم يصبح اللون أحمر . وبالمثل لم تكن زجاجة اللبن فارغة تمامًا وإنما كانت بها كمية صغيرة من محلول ملح « الهيبو » المستخدم فى التصوير الضوئى كمثبت . ويؤدى الحمض الزائد من الدورق إلى تكسير مادة الهيبو مكونًا دقائق صغيرة جدًا من الكبريت تظل معلقة فى الماء فيبدو كاللبن .

تحويل الماء إلى حبر ... ثم إلى ماء ثانية !

تعتمد هذه التجربة على وضع كميات قليلة من بعض المحاليل الكيميائية فى قيعان أكواب زجاجية ثم تفريغها قبل إجراء التجربة أمام التلاميذ ، وبذا يبدو كل كوب وكأنه فارغ تمامًا . ويراعى عدم تذوق أى من هذه المحاليل تحت أى ظرف من الظروف إذ أن بعضها سام .

١ - جهز زجاجة وثلاثة أكواب زجاجية على النحو التالى :

الكوب الأولى : ضع بها بضع قطرات من محلول نشا حديث .

الكوب الثانية : ضع بها بضع قطرات من محلول يود مخفف .
الكوب الثالثة : ضع بها بضع قطرات من محلول هيبو مركز .
٢ – اطلب من أحد التلاميذ ملء الزجاجة بالماء ، ثم ضع قليلاً منه فى الكوب الأولى تجده يظهر وكأنه ماء .
٣ – صب الماء من الكوب الأولى إلى الثانية ، فيصبح لونه وكأنه حبر .
٤ – صب محلول (الحبر) فى الكوب الثالثة ، تجد (الحبر) يتحول إلى (ماء) ثانية .

الزجاجة ... (السحرية) !

لا تختلف فكرة هذه التجربة عن التجارب الثلاث السابقة ، إذ يمكن أن تستخدم فيها على التوالى « مشروبات » مختلفة ، كما هو موضح فيما يلى :
١ – جهز زجاجة غامقة اللون ، وضع بقاعها قليلاً من محلول كلوريد الحديديك مضافًا إليه حمض الايدروكلوريك بنسبة ٢ : ١ ، ثم املأ الزجاجة بالماء .
٢ – جهز ست أكواب زجاجية ، وضع بقاع كل منها بضع قطرات من المحاليل أو المواد التالية . وهذه عند اضافة محاليل الزجاجة إلى كل منها فإنها تعطى لون السائل المبين أدناه :
الكوب الأولى : محلول مشبع من ثيوسيانات الأمونيوم – تعطى لون الشربات .
الكوب الثانية : محلول مركز من كلوريد الحديديك – تعطى لون الشربات .
الكوب الثالثة : تترك فارغة – تعطى لون الليمونادة .
الكوب الرابعة : محلول مركز من خلات الرصاص (سامة) – تعطى لون اللبن .
الكوب الخامسة : مسحوق بيكربونات البوتاسيوم – تعطى « شمبانيا » فوارة .
الكوب السادسة : محلول كبريتور الأمونيوم – تعطى لون الحبر .

ممنوع الاختلاط ... بين السوائل !

املأ زجاجة شفافة نظيفة بالمحاليل التالية على الترتيب :

١ - حمض كبريتيك يلون بلون أزرق خفيف (بالانديجو) .

٢ - كلوروفورم .

٣ - جليسرين ، يعطى لونًا ذهبيًا بواسطة السكر المحروق .

٤ - زيت خروع ، يعطى لونًا أحمر .

٥ - كحول إيثيلى (٤٠ ٪) ، يعطى لونًا أخضر بإضافة صبغة أنيلين خضراء إليه .

٦ - زيت سمك يضاف إليه قليل من زيت التربنتينا (١ ٪) .

وسيظل كل من هذه السوائل منفصلا عن الآخر .

تحويل الماء المالح إلى ماء عذب ... بدون تقطير !

يمكنك الحصول - أمام تلاميذك - على ماء صالح للشرب من ماء البحر ! .. ولهذا الغرض استخدم مخلوطاً من زيوليت الباريوم والفضة (سليكاتات الباريوم والفضة الألمونيومى) المحتوى أيضًا على كمية صغيرة من أكسيد الفضة . رج المخلوط مع كمية من ماء البحر تجد أن الماء يتخلص من أملاحه حيث تتحول هذه الأملاح إلى مركبات غير قابلة للذوبان مثل كبريتات الباريوم ، كلوريد الفضة ، أيدروكسيد المغنسيوم ، زيوليت الصوديوم ، الخ . رشح خلال قماش ترشيح مناسب تحصل على ماء كالماء المقطر ، ولإزالة أى لون من الماء أضف كمية من الفحم للمخلوط .

قنفذ البحر .. فى معمل الكيمياء !

١ - جهز محلولاً باردًا مشبعًا من ملح جلوبر فى كأس زجاجية . ثم علق فيه بواسطة خيط رفيع حبة فول وقطعة من الرخام أو الزجاج (مادة غير مسامية) .

٢ - غط المحلول واتركه بعض الوقت ، تلاحظ نمو بلورات دقيقة من كبريتات الصوديوم تشع من حبة الفول فى جميع الاتجاهات وتستمر فى النمو حتى

تأخذ الحبة شكل قنفذ البحر ، بينما يظل الجسم غير المسامى على حالته دون تغيير .

ويتلخص تفسير هذه الظاهرة فى امتصاص حبة الفول للمادة دون الملح المذاب به ، مما يؤدى إلى تكوين محلول فوق مشبع حول الحبة التى تلتصق بها البلورات المتكونه .

الحبر ... (المسحور) !

إذا كتبت بمحلول مخفف من كلوريد الكوبلت ، فإنه سوف لايترك أثرًا يمكن تمييزه . ولكنك إذا قربت الورقة من مصباح بترولى أو أى لهب ، فإن الكتابة سرعان ماتظهر بلون أزرق . وإذا مانفخت فى الورقة بعد ذلك ، فإن بخار الماء الموجود فى هواء الزفير يجعل الكتابة تختفى ثانية .

وهكذا تستطيع تكرار ذلك فتظهر الكتابة بتقريب الورقة من اللهب وتختفى بالنفخ !

النافورة ... الحمراء !

أعد دورقًا مملوءًا بغاز كلوريد الأيدروجين وسده بسداد تنفذ منه أنبوبة طويلة ، وكأسًا بها ماء ملون بقطرات من محلول عباد الشمس الأزرق . لاتذكر شيئًا لتلاميذك عن الغاز الموجود داخل الدورق أو المحلول الموجود بالكأس . نكس الدورق بحيث تنغمر الأنبوبة فى الكأس ، بعدها ستلاحظ والتلاميذ نافورة تندفق إلى داخل الدورق مع تحول لون المحلول الأزرق إلي الأحمر . وهنا يسأل التلاميذ : مالغاز الذى كان بالدورق ؟ ماالمحلول الذى كان بالكأس ؟ لماذا حدثت النافورة ؟ لماذا تحول لون المحلول من الأزرق إلى الأحمر ؟ لماذا لم يستمر تدفق الماء فى الدورق ليملأه ، إلى آخر تلك الأسئلة التى تكون الإجابة عليها فى الواقع بمثابة موضوع الدرس .

حديقة زهور ... كيميائية !

تعتبر « حديقة الزهور الكيميائية » من التجارب السهلة ذات المنظر الجميل ،

وهى تعتمد على نظرية الضغط الأسموزى . ويمكنك القيام بها على النحو التالى :

١ - حضر محلولا مخففًا من الزجاج المائى (سليكات الصوديوم) بحيث تكون كثافته ١,١ جم / سم^{٣} . وذلك بإذابة سليكات الصوديوم فى ماء ساخن ، ثم ترشيح المحلول وتركه ليبرد . ويمكنك الاستعانة بأيدرومتر لتعيين كثافة المحلول .

٢ - ضع المحلول فى مخبار طويل نظيف ، ويحسن أن يكون غير متسع .

٣ - اسقط فى هذا المحلول بلورات المواد الآتية :

(أ) كبريتات : النحاس ، الحديدوز ، النيكل ، الألمونيوم .

(ب) كلوريدات : النحاس ، الحديديك ، المنجنيز .

(جـ) نيترات : النحاس ، الكوبلت ، النيكل ، الكالسيوم .

٤ - اترك المحلول دون رج لعدة أيام .

من هذه البلورات سوف تنمو أنابيب متفرعة ذات ألوان جذابة تشبه إلى حد بعيد أزهار النباتات . وعادة ماتنمو بلورات أملاح الكوبلت بسرعة وتكون تفرعاتها ذات لون أزرق غامق . وتنمو بلورات الأملاح الأخرى ببطء أكثر معطية الألوان التالية :

أملاح المنجنيز : تعطى لونًا ورديًا قاتمًا .

أملاح النحاس : تعطى لونًا أزرق قاتمًا .

أملاح الحـديد : تعطى لونًا أخضر .

وعندما يرى التلاميذ « حديقة الزهور الكيميائية » فإنهم يتساءلون عن سبب حدوث هذا النمو . ويمكنك بيان السبب على النحو التالى : يحدث النمو كنتيجة لنظرية الانتشار الغشائى ، إذ تكون سليكات الصوديوم حول هذه البلورات أغشية رقيقة شبه منفذة يكون تركيز مابداخلها من محاليل أعلى منه خارجها مما يؤدى إلى النمو السريع وتفزع هذه الأغشية .

تاج ... بلورى !

يمكنك عمل نورة بلورية . وذلك بأن تنقع قطعًا من الفحم النباتى أو الخزف غير المصقول فى محلول مشبع من كلوريد الصوديوم . أبق القطع مغمورة فى المحلول

لمدة أسبوعين مراعيًا مداومة إضافة المحلول المشبع من الملح لبقاء القطع مغمورة فيه . بعد مضى تلك المدة أفرغ قليلاً من صبغ أزرق بروسيا (فروسيانيد الحديديك) أو من الحبر مع كلوريد الصوديوم وأضف المزيج إلى المحلول الذى به قطع الفحم أو الخزف واترك المحلول حتى يجف بالتبخر ولاحظ النورات البلورية المتكونة . ويمكنك الحصول على ألوان متنوعة بإضافة مركبات صبغية أخرى إلى محلول النقع .

الكتابة ... النارية !

حضر محلولاً مركزًا من نترات البوتاسيوم ، استعمل المحلول كحبر غير مرئى « سحرى » واكتب على لوح من الورق الأبيض غير المصقول « عيد سعيد » أو « نحب دراسة الكيمياء » . اجعل الحروف « ثقيلة » ومتصلة دون تقطع . اترك الورقة تجف . المس أول حرف مكتوب بسلك مسخن للاحمرار . لاحظ تولد شرارة وانتشارها على الورقة فى نفس الحروف المكتوبة تجعلها مرئية ومقروءة !

ثالثًا : من ميدان علم البيولوجيا

النباتات ... المخدوعة !

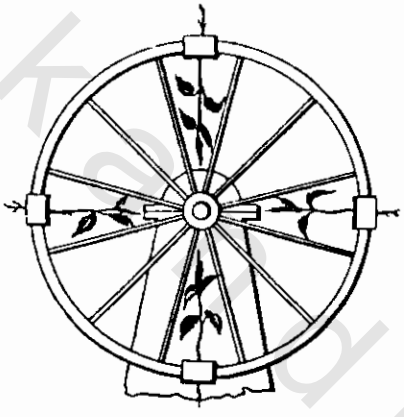
عندما يكون الدوران سريعًا قد تضل القوة الطاردة المركزية إلى حد كبير يفوق تأثير الجاذبية . والتجربة الطريفة التالية توضح مدى ضخامة القوة الطاردة التى تنتج عن دوران عجلة بسرعة وأثر ذلك على نمو النبات . وتصلح هذه التجربة لإثارة اهتمام التلاميذ عند تدريس موضوع « الانتحاء فى النبات » .

إنك تعرف – عزيزى معلم البيولوجيا – أن النباتات حديثة العمر توجه سيقانها فى اتجاه معاكس لقوة الجاذبية الأرضية أى أنها تنمو إلى أعلى . ولكن يمكنك أن تجعل البذور تعكس وضعها عند وجودها على إطار عجلة سريعة الدوران ، كما فعل ذلك لأول مرة عالم النبات الانجليزى « نايت » قبل أكثر من مائة عام خلت .

ماذا ترى أنت وتلاميذك ؟ سترون شيئًا مدهشًا ! سوف تتجه جذور الزريعة

إلى الخارج والسيقان الصغيرة إلى الداخل بمحاذاة أنصاف أقطار العجلة الدوارة (شكل رقم ١٢٧) .

لقد خدعت النباتات فى هذه التجربة تمامًا ، إذ إنك أثرت عليها بقوة أخرى غير قوة الجاذبية الأرضية وهى متجهة من مركز العجلة الدوارة إلى الخارج ولما كانت الزريعة تنمو دائمًا عكس اتجاه الجاذبية ، فإنها فى هذه الحالة قد اتجهت إلى داخل العجلة من الاطار إلى المحور (المركز) ، أى فى نفس اتجاه الجاذبية وهكذا يتضح أن الجاذبية الاصطناعية أقوى من الجاذبية الحقيقية ، وقد نما النبات الحديث العمر تحت تأثيرها .



شكل رقم (١٢٧) بذور الفول النامية على إطار عجلة دوارة . إن سيقان النباتات متجهة نحو المحور ، أما الجذور فمتجهة إلى الخارج

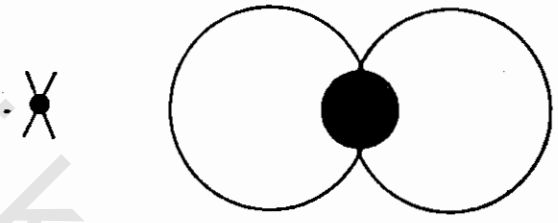
فى عينيك .. بقعة عمياء !

عند تدريسك لدرس عن « الإبصار فى الإنسان » وجه حديثك لتلاميذك قائلا : فى مجال إبصار كل منكم توجد بقعة لايتمكن من رؤيتها مطلقًا بالرغم من وقوعها أمامه مباشرة ! . لكل منكم أن يصدق ذلك أو لا يصدقه ، ولكن بإمكاننا إجراء تجربة تجعل كل منكم يقتنع بصحة هذا الكلام .

ضع رسمًا معينًا ، كالمبين فى الشكل رقم ١٢٨ ، بحيث يبعد عن أعين أحد التلاميذ اليمنى مسافة ٢٠ سم تقريبًا . اجعله يغمض عينه اليسرى وينظر إلى

علامة الضرب الموجودة إلى يسار الشكل مع تقريب الشكل من عينه ببطء . أثناء قيام التلميذ بذلك لابد وأن يمر بلحظة يشعر فيها بأن البقعة السوداء الكبيرة الموجودة عند تقاطع الدائرتين قد اختفت عن نظره تمامًا . إنه لن يراها على الرغم من وقوعها باستمرار فى مجال إبصاره .

أما الدائرتان – اليمنى واليسرى – فتبدوان واضحتين تمامًا !

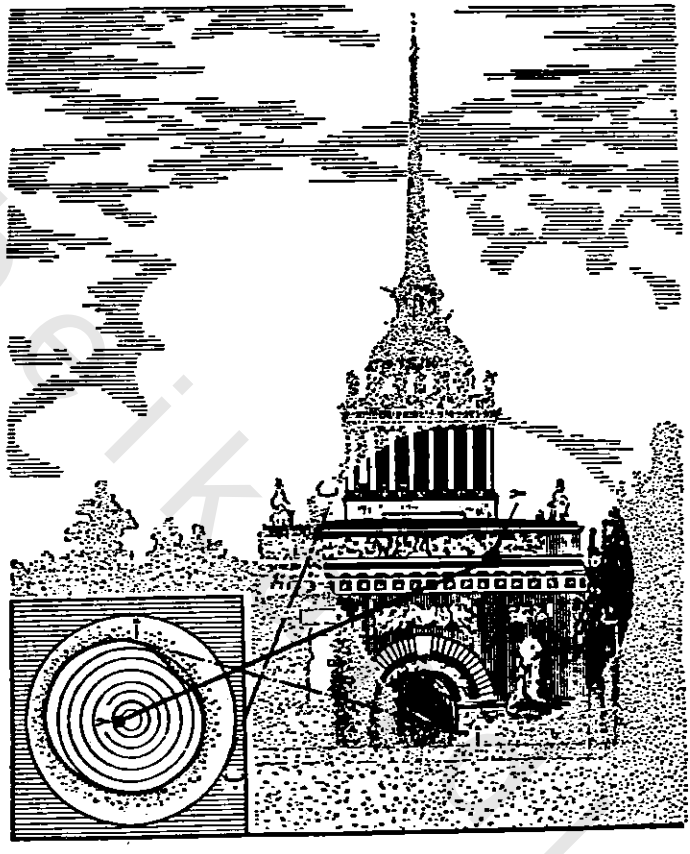


شكل رقم (١٢٨) الرسم الذى يساعد على اكتشاف البقعة العمياء

لقد أجريت هذه التجربة لأول مرة فى عام ١٦٦٨ بشكل مختلف نوعًا من قبل أحد العلماء ، وأدهشت حاشية الملك لويس الرابع عشر . وقد أجرى العالم هذه التجربة على النحو التالى : طلب إلى اثنين من رجال الحاشية ان يجلسا قبالة بعضهما على مسافة مترين فقط وأن ينظرا إلى نقطة جانبية بعين واحدة . عندئذ تراءى لكل منهما بأن الشخص الذى يجلس أمامه مقطوع الرأس ! .

ومهما كان الأمر غريبا فإن الناس لم يعرفوا بوجود « بقعة عمياء » على شبكية عيونهم إلا فى القرن السابع عشر . أما قبل ذلك فلم يفكر أحد فى هذه البقعة مطلقا . وهذه البقعة هى ذلك الموضع من شبكية العين الذى يدخل منه العصب البصرى إلى مقلة العين قبل أن يتفرع إلى أعصاب رفيعة مزودة بخلايا حساسة للضوء .

obeikandl.com



شكل رقم (١٢٩) عند النظر إلى المبنى بعين واحدة ، فإننا لا نرى بتاتاً ذلك الجزء الصغير (حـ) من مجال الإبصار ، المناظر للبقعة العمياء