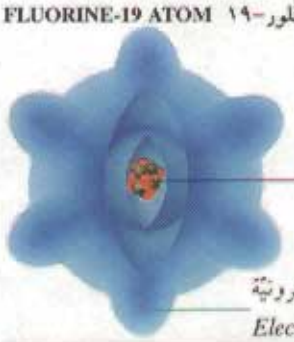
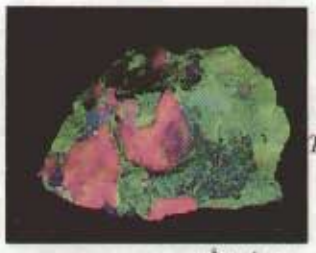
مَوسُوعَة المُشَاهَدَة العِيَانِيَّة

الفيزياء

مَكتَبة لبنان ناشِرُون



ذَرَّةُ فلور-١٩ FLUORINE-19 ATOM

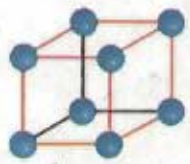


مَعْدِنُ الوِلْمَيْت WILLEMITE

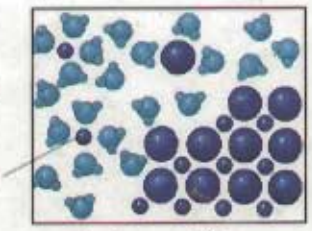
قانونُ شارْل CHARLES' LAW

مِنظار ذو عَيْنِيَّتين BINOCULARS

المُقاوَمة RESISTANCE

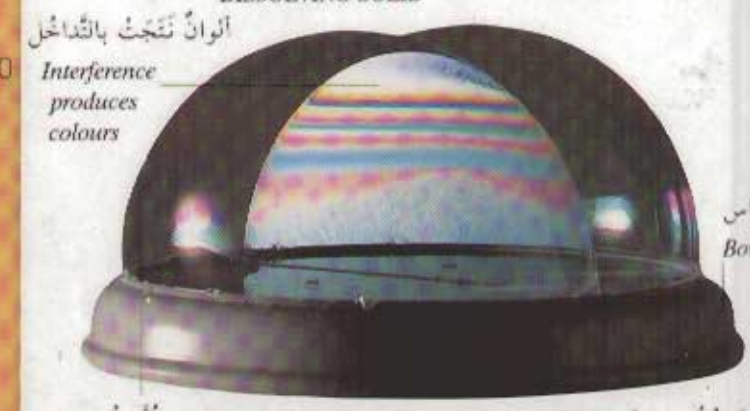


نِظام تكعيبي بِلّوْرِيّ
CRYSTAL CUBIC SYSTEM

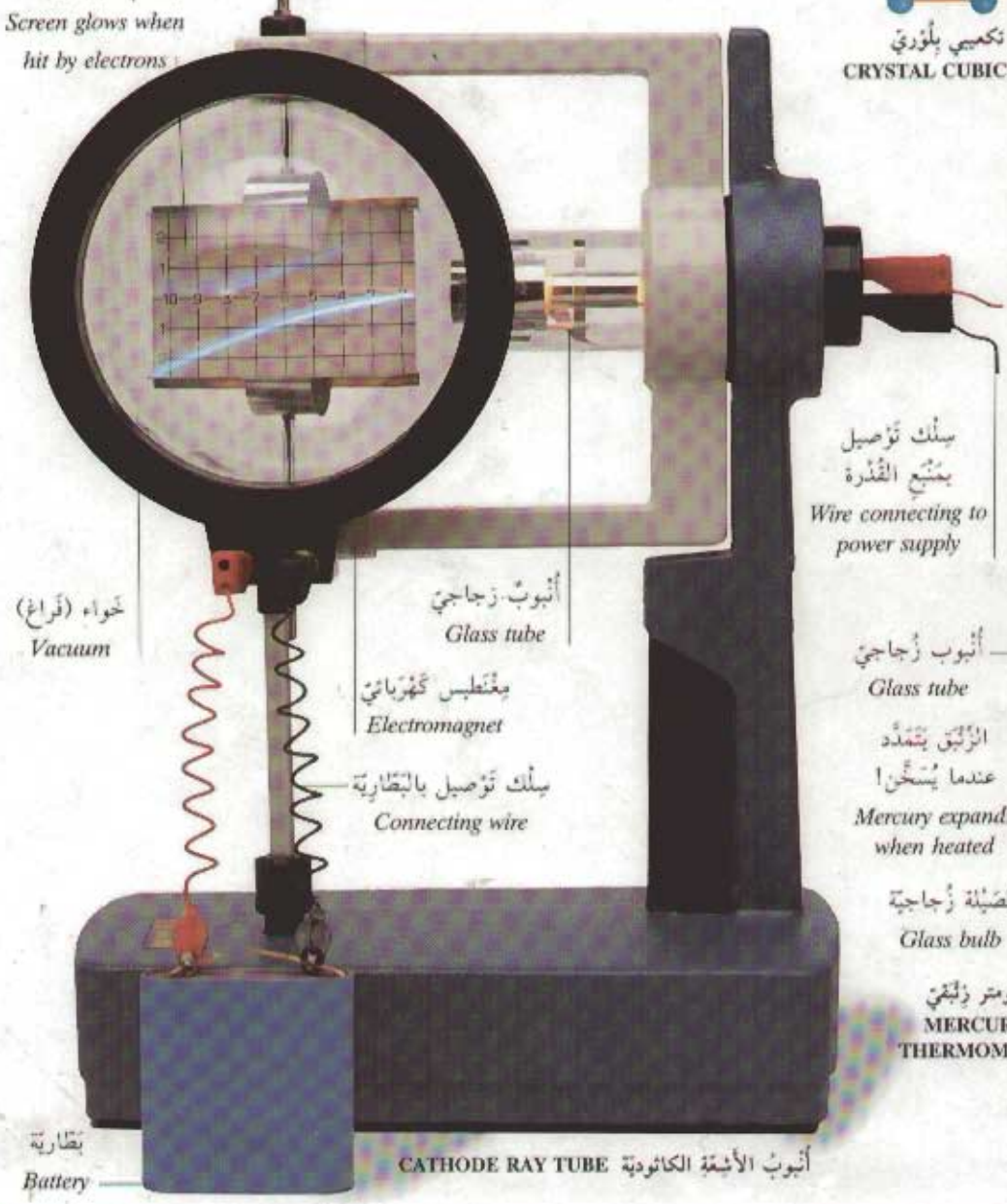


إذابةُ الجامِد وذَوَبانُه
DISSOLVING SOLID

دايودٌ ضَوّاءٌ أخضر GREEN LED

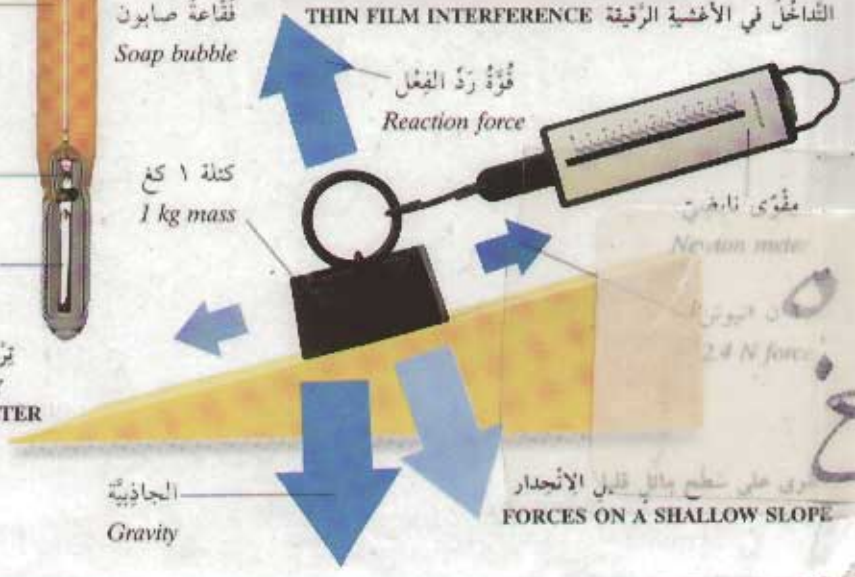


التَّداخُلُ في الأغشية الرَّقيقة THIN FILM INTERFERENCE



أنبوبُ الأشِعّة الكاثودية CATHODE RAY TUBE

تِرمومتر زِئبَقيّ
MERCURY THERMOMETER

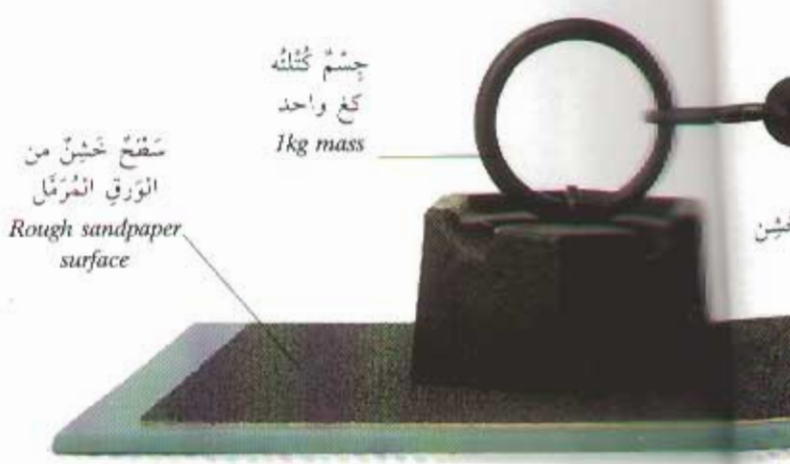


قُوى على سَطح مائل قليل الانْحِدار
FORCES ON A SHALLOW SLOPE

مَوسُوعَة المُشَاهَدَة العِيَانيَّة

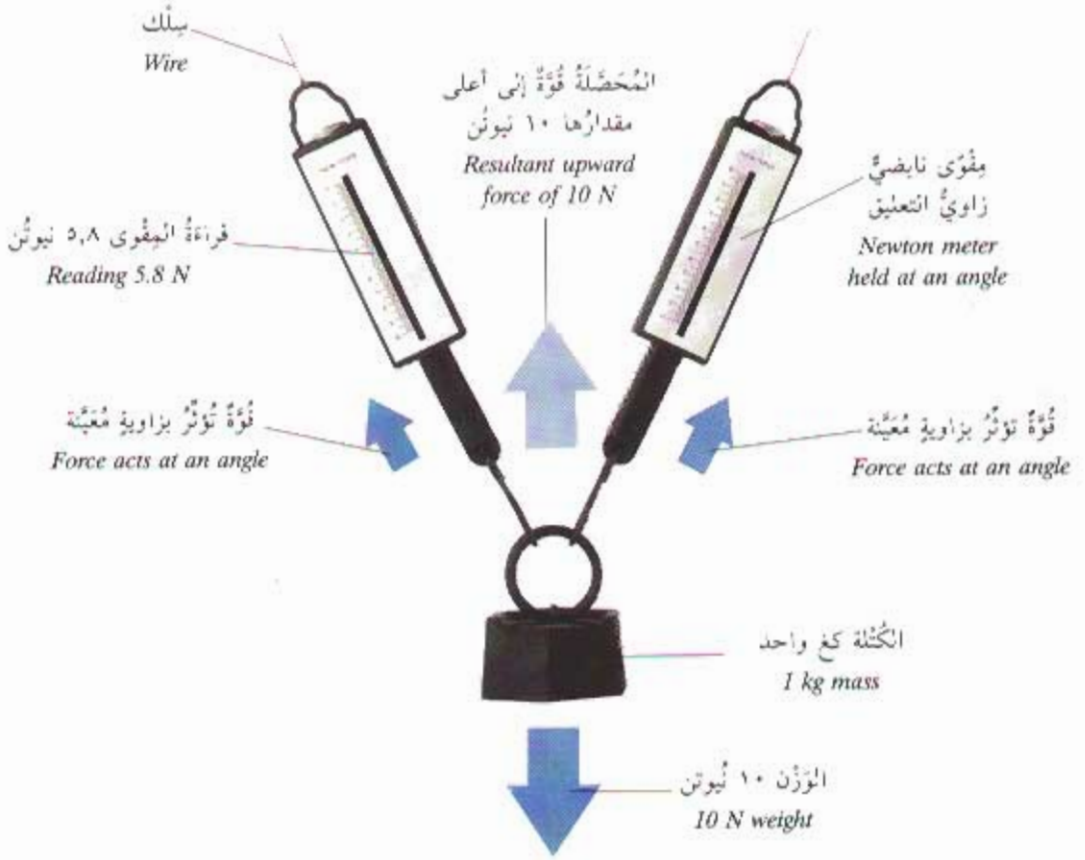
الفيزياء

جَيْروسكوب GYROSCOPE



الاحتكاك بين السُّطوح FRICTION BETWEEN SURFACES

مَكتَبة لبنان نَاشِرُون

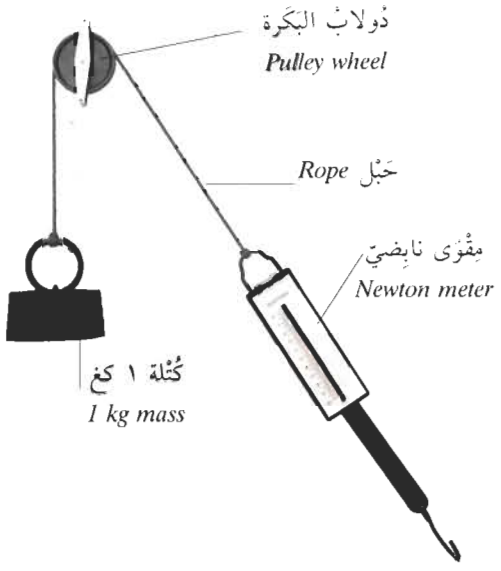


RESULTANT FORCE القُوَّةُ المُحَصِّلَة

DK دُورلِنغ كِندَرسلي
مَكتبة لبنان نَاشِرُون ش.م.ل
نَشر مَكتبة لبنان نَاشِرُون
بالتعاون مع شركة دُورلِنغ كِندَرسلي
حُقوق الطبع © دُورلِنغ كِندَرسلي ليمتد، لندن - الطبعة الإنكليزية
حُقوق الطبع © مَكتبة لبنان نَاشِرُون ش.م.ل - الطبعة العربية
مَكتبة لبنان نَاشِرُون
صُندوق البَريد: ٩٢٣٢-١١
بيروت - لبنان
وُكلاء وَموزعون في جَميع أنحاء العالَم
الطبعة الأولى: ١٩٩٨
طُبع في لبنان
رَقم الكتاب: 01C196908

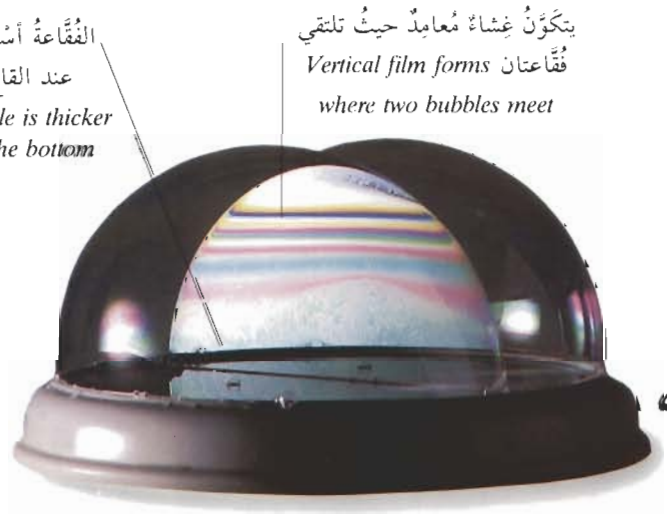
المُحْتَويات

المادَّةُ والطَّاقة ٦
القياسُ والتَّجارِب (الِاختبارات) ٨
القُوَى (١) ١٠
القُوَى (٢) ١٢
الِاحتِكاك ١٤
المَكِنَاتُ البَسيطة ١٦
الحَرَكةُ الدائريَّة ١٨
الأمواجُ والذَّبْذَبات ٢٠
الحرارةُ ودَرجَةُ الحرارة ٢٢
الجَوامِد ٢٤
السَّوائل ٢٦
الغازات ٢٨
الكَهْرباءُ والمِغْنَطيسيَّة ٣٠
الدَّاراتُ الكهربائيَّة ٣٢
المِغْنَطيسيَّةُ الكَهربائيَّة (الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة) ٣٤
إنتاجُ الكَهْرباء ٣٦
الإشعاعُ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ ٣٨
الأَلْوان ٤٠
الِانعِكاسُ والِانكِسار ٤٢
الأَجْهزةُ البَصريَّة ٤٤
السُّلوكُ المَوجِيّ ٤٦
الذرَّاتُ والإلِكترونات ٤٨
الفِيزياءُ النَّوويَّة ٥٠
فيزياءُ الجُسَيمات ٥٢
مُعادَلات ومعطيات مُفيدة ٥٤
مَسردُ التعريفات ٥٦
الفِهْرِس ٦٠

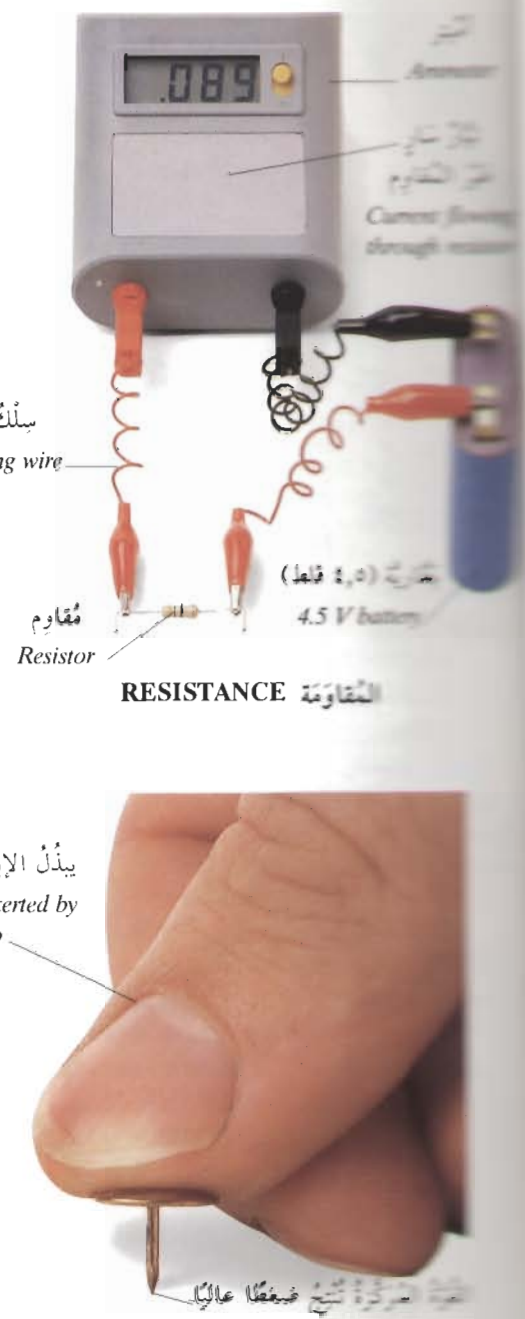


SIMPLE PULLEY بَكَرةٌ بَسيطة

VAN DE GRAAFF GENERATOR مُوَلِّدُ ڤانْ دي غْراف



SOAP BUBBLE فُقَّاعةُ صابون



RESISTANCE المُقاوَمَة

DRAWING PIN مِسْمارُ رَسْم

CATHODE RAY TUBE أنبوبُ الأشِعَّةِ الكاثودِيَّة

المادَّةُ والطَّاقة

الفِيزياءُ عِلْمٌ يَبْحثُ في خواصِّ المادَّةِ والطَّاقة والعَلاقةِ بينهُما. فالمادَّةُ هي كُلُّ ما يَشْغَلُ حَيِّزًا ولَهُ وَزْن. والمادَّةُ بِمُختلِف أنواعِها تتألَّفُ من عَددٍ لا حَصْرَ له من جُسَيماتٍ دقيقة دائمةِ الحَرَكة، تُدعى **الذرّات** (أُنْظُر ص ٤٨-٤٩) **والجُزَيئات**، وهذا يُفَسِّرُ عِدَّةَ ظواهِرَ طبيعيَّةٍ كالنَّغَشانِ (**الحَرَكة البَراونيَّة**)، **والتَّبَخُّر** وتَشكُّلِ **البِلَّورات** (أُنْظُر ص ٢٤-٢٥). أمَّا الطَّاقةُ فهي القُدرة على إحداثِ شُغْلٍ يُؤثِّرُ في سُلوكِ المادَّة؛ ووَحْدةُ قياسِها العياريَّةُ هي الجُول. إنَّ كُلَّ شيءٍ يَحْدُثُ يتطَلَّبُ طاقةً بأحدِ أشكالِها المُتعدِّدة - كالطَّاقةِ الحراريَّةِ والضوئيَّة والكهربائيَّة وطاقةِ الوَضْع. والمعروفُ أنَّ أيَّ شكلٍ من أشكال الطاقةِ يُمكِنُ تحويلُه إلى أشكالِها الأُخرى. فالطَّاقَةُ الكهربائيَّة، مَثَلًا، المُسْتَخْدَمةُ في تدوير مُحَرِّكٍ، تتحَوَّلُ فيه إلى **طاقة حَرَكيَّةٍ** وطاقةٍ حراريَّة (أُنْظُر ص ٢٢-٢٣)، في نِطاقِ قانون بَقاء الطاقة - الذي مَفادُه أنَّ الطاقةَ لا تُخْلَقُ ولا تَفْنى، إنَّها فقَطْ تتحَوَّلُ من شَكْلٍ إلى آخَر. ويُمكِنُ تمثيلُ **مَبْدأ بَقاء الطَّاقة** هذا باستِخدام **مُخَطَّطِ سَانكي** (أُنْظُر الصفحة المُقابِلة).

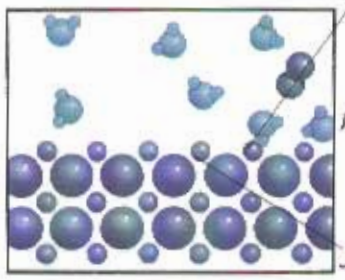
PARTICLES IN MOTION جُسَيماتٌ دائبةُ الحَرَكة

BROWNIAN MOTION الحَرَكةُ البَراونيَّة (النَّغَشان)

يُمكِنُ مُشاهدةُ جُسَيماتِ الدُّخان تحت المِجْهر وهي تتحَرَّكُ عَشْوائيًّا بِفِعْلِ حركةِ جُزَيْئاتِ الهواء المُحيطةِ بها.

MATTER AS PARTICLES المادَّةُ كَجُسَيمات

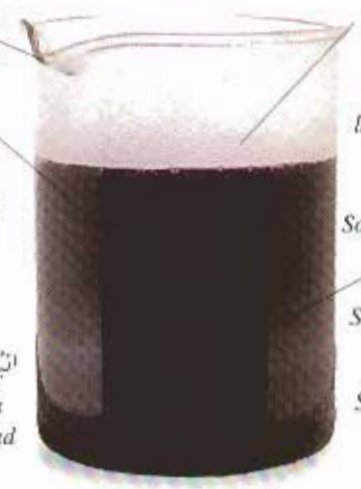
CRYSTALLIZATION التَّبَلُّور

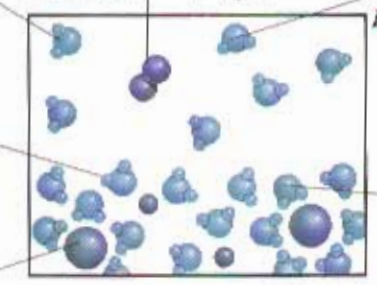


CRYSTALLIZATION التَّبَلُّور

يتخَلَّفُ الجامِدُ بَعْدَ تبَخُّرِ سائلِ المَحْلُول كُلِّه، وتتَّخِذُ دقائقُ الجامِد، عادةً، بِنْياتٍ بِلَّوريَّةً مُنتظِمَة.

EVAPORATION التَّبَخُّر

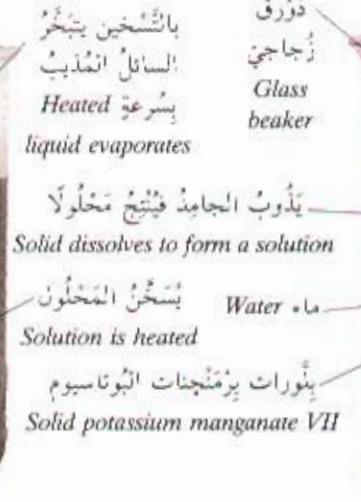


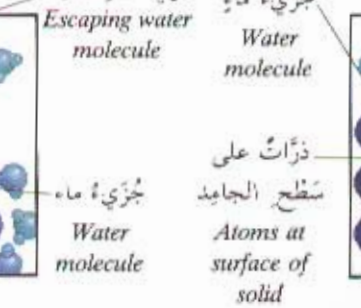


EVAPORATION التَّبَخُّر

مُعْظَمُ السوائل تَبخُرُ ويَزْدادُ **تبخُّرُها** بالتَّسْخين. وهذا يَعْني أنَّ الدقائقَ أو الجُزَيْئاتِ التي يتألَّفُ منها السَّائلُ تَنفَلِتُ من جِسْمِ السائل لِتُصْبِحَ دقائقَ غازيَّة.

DISSOLVING الإذابةُ والذَّوبان





DISSOLVING الإذابةُ والذَّوبان

جُسَيماتُ أو دقائقُ الجامِد مُتماسِكةٌ معًا في بِنْيةٍ جامِدة. فعندما يَذوبُ جامِدٌ في سائلٍ تتفَكَّكُ دقائقُه من هذه البِنْيَة وتَمْتزِجُ بالسَّائل بشكلٍ مُتجانِس، فتَكوّنُ **مَحْلُولًا**.

THE CONSERVATION OF ENERGY بَقاءُ الطّاقة

الشّمس
Sun

تُشِعُّ الطّاقةُ في الفضاء
Energy radiates into space

خَلِيَّةٌ شَمْسِيَّة
Solar cell

مُحَرِّك
Motor

سِلْكٌ من الخَلِيَّة الشَّمْسِيَّة إلى المُحَرِّك
Wire from cell to motor

بِلّورةُ سِليكون
Silicon crystal

كُلَّما ازدادَتْ سُرعةُ دَوران المُحَرِّك، تَزْدادُ طاقتُه
The faster the motor turns, the more energy it has

عَمودُ دورانِ المُحَرِّك يُديرُ التُّروس
Motor's spindle turns gears

تُرْسٌ دُودِيّ
Worm gear

تُرْسٌ مُسْتَوٍ مُسْتَقيمُ الأسنان
Crown wheel

يَلْتَفُّ الخَيْطُ حَوْلَ عَمودِ الإدارة
String winds around shaft

في كُلِّ تَحَوُّلٍ طاقيٍّ يُفْقَدُ بَعضُ الطاقة كحرارة
At each energy transfer some energy is "lost" as heat

ENERGY TRANSFER تَحَوُّلُ الطاقة

ELECTRIC MOTOR مُحَرِّكٌ كهربائيّ

تَتَحَوَّلُ الطاقةُ الكهربائيّة داخلَ المُحَرِّك إلى طاقةِ حَرَكة (حَرَكيّة أو ميكانيكيّة).

تَحَتَ الإشعاعُ في لُبِّ (قَلْب) الشّمس [illegible] التفاعُلات النّوويّة الإنديماجيّة؛ وهو مَصْدَرُ مُعظمِ الطاقة على الأرض.
Radiation is made in the Sun's core during nuclear reactions and is the source of most of the Earth's energy

خلية ضوئية
PHOTOVOLTAIC CELL
تحوّل الطاقة في الخَلِيّة الفُلطائيّة [illegible] الخَلِيّة الشّمسيّة) من إشعاع [illegible] إلى طاقةٍ كهربائيّة. وفي [illegible] الشّمس (أو مَصْدر الضّوء) تَعْمَلُ الخَلِيّة إنتاجَ الكهرباء.

مخطط سانكي
SANKEY DIAGRAM
مخطط سانكي هذا لتحوّلات [illegible] في مُحَرِّكٍ كهربائيّ.

رأسُ السّهم يُبَيِّنُ اتّجاهَ تَحَوُّلِ الطّاقة
Arrowhead shows where energy is transferred

٠,٢١ جُول من الطّاقة تُبَدَّدُ كحرارة في المُحَرِّك
0.21 J wasted as heat in the motor

٠,١ جُول صافي طاقةِ الحَرَكة
0.1J of kinetic energy

٠,٣١ جُول في الثانية
0.31 J of electrical energy supplied each second

عَرْضُ السّهم هنا يُبَيِّنُ كميّةَ الطّاقة
Width of the arrow here shows how much energy is available

POTENTIAL ENERGY طاقةُ الوَضْع

المُحَرِّكُ في دورانِه، وعَبْرَ مَجموعةٍ من التُّروس (المُسَنَّنات)، يَلُفُّ خَيطًا حَوْلَ عَمود الإدارة. يَرْفَعُ الخيطُ كُتْلَةَ ٠,١ كغ ضِدَّ شَدِّ الجاذبيّة، وتَتَحَوَّلُ طاقةُ الحَرَكةِ إلى طاقةِ وَضْعٍ، أو طاقةٍ مَخْزونة «كامِنَة». فإذا انقطعَ الخَيْطُ تَنْطَلِقُ طاقةُ الوَضْعِ وتَسْقُطُ الكُتْلَةُ مُكْتَسِبَةً طاقةً حَرَكيّة.

كُتْلَةُ ٠,١ كغ ارتفعَتْ إلى عُلُوِّ مترٍ واحد
0.1 kg mess lifted to 1 m

مِقدارُ طاقةِ الوَضْع جُول واحد (٠,١ كيلوغرام متر = جُول)
Mass has potential energy of 1 J

يَرفعُ الخَيْطُ كُتْلَةَ ٠,١ كغ
String lifts 0.1 kg mass

كُتْلَةُ ١ كغ ارتفعَتْ ٠,٩ م
1kg mass lifted to 0.9 m

طاقةُ الوَضْع في الكُتْلة مِقدارُها ٠,٩ جول
Mass has potential energy of 0.9 J

كُتْلَةُ ٠,١ كغ ارتفعَتْ ٠,٨ م
0.1 kg mass lifted to 0.8 m

مِقدارُ طاقةِ الوَضْع في الكُتْلة ٠,٨ جُول
Mass has potential energy of 0.8 J

كُتْلَةُ ٠,١ كغ
0.1 kg mass

ENERGY TRANSFERS IN A CAR تحوُّلاتُ الطّاقة في سيّارة

بنزين (طاقةٌ كيماويّة)
Petrol (chemical energy)

صُعودٌ مُرتَفِع (طاقةُ وَضع)
Climbing a hill (potential energy)

سْتِريو السيّارة (طاقةٌ كهربائيّة تتحوّلُ إلى طاقةٍ صوتيّة)
Car stereo (electrical to sound energy)

طاقةٌ حراريّة تتولّدُ في المُحَرِّك
Heat energy generated in engine

بَطّاريّةُ السيّارة (طاقةٌ كهربائيّة)
Car battery (electrical energy)

إعمالُ المَكابح (طاقةٌ حراريّة)
Braking (heat energy)

طاقةُ الحَرَكةِ تَزْدادُ بازدياد السُّرعة
Kinetic energy greater at higher speed

المصابيحُ الأماميّة (طاقةٌ كهربائيّة تتحوّلُ إلى طاقةٍ ضوئيّة)
Headlamp (electrical to light energy)

القِياسُ والتَّجارِب (الاِخْتِبارات)

الفيزياءُ عِلْمٌ قِوامُه وَضْعُ النَّظريَّات واختِبارُها. وتُصَمَّمُ، لاختِبارِ تلكَ النَّظريَّات، تجارِبُ تَنْطوي على إجراءِ القياسات – قياساتٍ **لِلكُتْلة** أو الطُّولِ أو الزَّمنِ أو كميَّاتٍ أُخرى سِواها. ولِمُقارَنةِ نتائجِ تلكَ التَّجارِبِ المُختلِفة، يَنْبَغي تواجُدُ وَحَداتِ قياسٍ مِعياريَّةٍ مُتَّفَقٍ علَيها، كالكيلوغرام (كغ) والمتر (م) والثانية (ث)، وهي وَحداتٌ أساسيَّةٌ في **نِظام الوَحدات الدَّوليَّة**. يَسْتخدِمُ الفيزيائيون، في إجراءِ قياساتِهم، كثيرًا من الآلات – بَعضُها، كالقَدَمةِ الوَرْنيَّةِ والمِجْهَرِ المُتحَرِّك والتِّرمومتْر (ميزانِ الحرارة) مألوفٌ ومُتوفِّرٌ في العَديد من المُختبَرات، وبَعْضُها الآخَرُ يجري إعدادُه خِصِّيصًا لإجراءِ تَجربةٍ مُعَيَّنة. وتُؤَوَّلُ نتائجُ هذه القياسات بِطُرُقٍ شَتَّى تَشْمَلُ غالِبًا المُخَطَّطاتِ البيانيَّةَ التي تُمثِّلُ بوُضوحٍ العلاقَةَ بينَ قياسَيْن مُترابِطَيْن في تَجربةٍ ما. ففي اختِبارِ سقُوط الأجسام الحُرّ، مَثَلًا، يُبرِزُ المُخطَّطُ البَيانيُّ العلاقةَ بين ارتفاعِ الجِسْمِ السَّاقِط وزَمَنِ سُقُوطه.

MASS AND WEIGHT الكُتْلةُ والوَزْن

الكُتْلةُ هي كميَّةُ المادَّة في الجِسْم وتُقاسُ بالكيلوغرام. وبتأثير **قُوَّة الجاذبيَّة** (جاذبيَّةِ الأرض) يُصبِحُ لِلكُتلةِ **وَزْنٌ**. فالوَزْنُ قُوَّةٌ يُمكِنُ قياسُها بمِقْوَى نابضيّ (ميزان زُنبركيّ) كالذي تَراهُ إلى اليمين، ووَحدةُ قياسِها النيوتن. المُتداوَلُ بين الناس هو قياسُ الوَزْن بالكيلوغرام، لكنَّ هذا غَيْرُ صحيحٍ في الفيزياء.

MEASURING DISTANCE قياسُ الأبعاد

يَقيسُ الفكّان في كِلا جانِبَي القَدَمة الوَرْنيَّة القُطر الداخليّ للجِسْم either internal or external measure of object

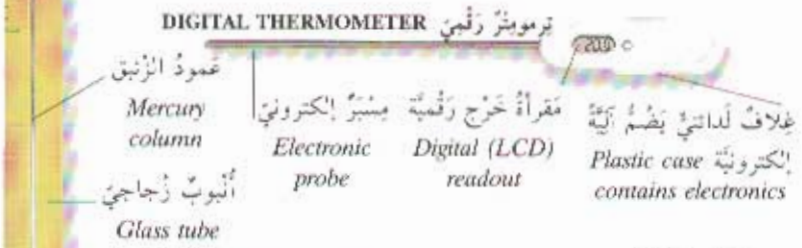
TRAVELLING MICROSCOPE المِجْهَرُ المُتَحَرِّك

المِقياسُ الوَرْنيُّ التَّدريج يَجْعَلُ من المِجْهَر المُتحَرِّك آلةً دقيقةً لِقياسِ أبعادٍ صَغيرةٍ عَبْرَ الأجسام. فتُؤخذُ قِراءتان لِبِدايةِ ومُنتَهى كُلِّ بُعْدٍ، والفَرْقُ بين وَضْعَي المِجْهَرِ على مِقياسِه الانزلاقيّ يُعطي القياسَ المَطلوب.

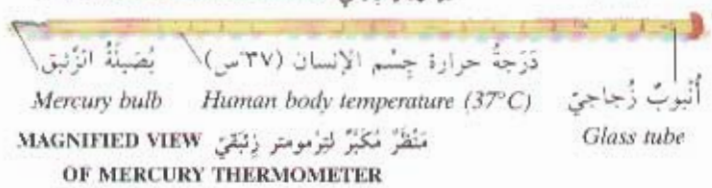
THERMOMETERS التَّرمومترات (مَوازِينُ الحَرارة)

هنالك نوعان من التَّرمومترات شائعا الاستعمالِ في مُخْتَبَرات الفيزياء الحديثة – التَّرمومترُ الزِّئبقيُّ وهو ذو بُصَيْلةٍ زُجاجيَّةٍ تحوي كميَّةً من الزِّئبق تَمتَدُّ بارتفاع درجة الحرارة، والتَّرمومترُ الرَّقْميُّ وهو ذو مِسْبَرٍ إلكترونيٍّ ومَقْرأةٍ خَرْجٍ رَقْميَّة.

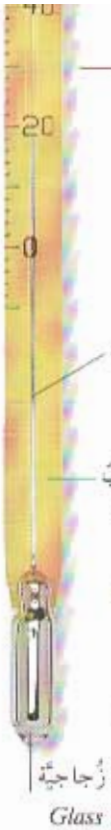
DIGITAL THERMOMETER تَرمومترٌ رَقْميّ



MERCURY THERMOMETER تَرمومترٌ زِئبقيّ



MAGNIFIED VIEW OF MERCURY THERMOMETER مَنظَرٌ مُكَبَّرٌ لِتَرمومتر زِئبقيّ



INTERPRETING DATA تَفْسيرُ المُعْطَيات

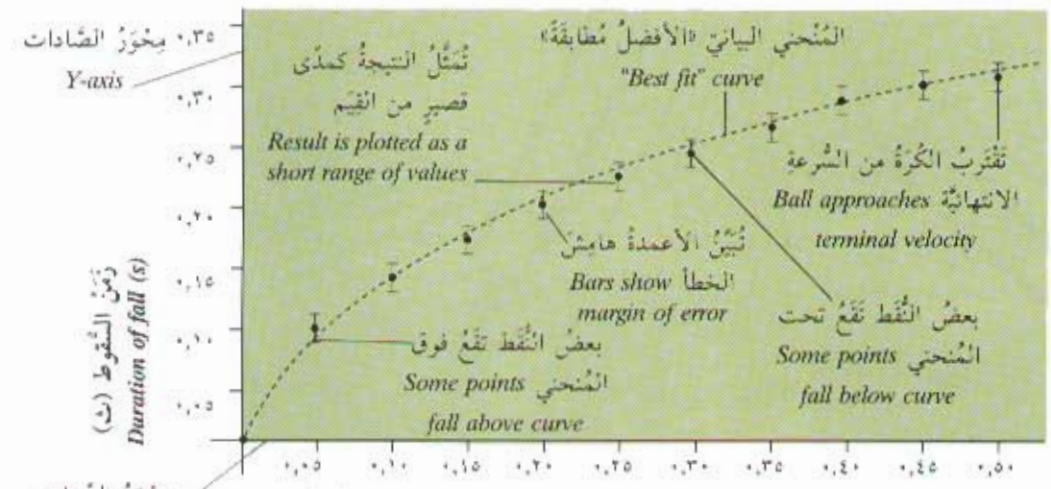
TABLE OF RESULTS FOR A FREEFALL EXPERIMENT جَدْوَلُ النَّتائج لاختبار السُّقوط الحُرّ

لقد جَرى إسْقاطُ الكُرَة الفُولاذيَّة من ارتفاعاتٍ مُختلفة، وتَمَّ تَوقيتُ زَمَنِ السُّقوط في كُلِّ مَرَّة. فكانت نتائجُ الاختبار كما هو مُبَيَّنٌ في الجَدْول التالي:

الارتفاع (م)	٠	٠,٠٥	٠,١٠	٠,١٥	٠,٢٠	٠,٢٥	٠,٣٠	٠,٣٥	٠,٤٠	٠,٤٥	٠,٥٠
الزَّمَن (ث)	٠	٠,١٠	٠,١٤	٠,١٧	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٤	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٣٠	٠,٣١

RESULTS OF A FREEFALL EXPERIMENT IN GRAPH FORM نتائجُ اختبارِ السُّقوط الحُرّ مُمَثَّلةً بيانيًّا

يُتيحُ **المُخَطَّطُ البيانيُّ** تحديدَ العلاقة بيانيًّا بين زَمَنِ السُّقوط وارتفاعه. وحيثُ إنَّ كُلَّ نتيجةٍ تَنطوي على عُنْصرٍ زِيبَةٍ أو خطأ، تُمَثَّلُ كُلُّ نتيجةٍ على المُخَطَّطِ كمَدًى قَصيرٍ من القِيَم يُشَكِّلُ **عمودَ خطأ** بَدَلًا من نُقْطة. ثُمَّ يُرْسَمُ المُنْحَني البيانيُّ بِحَيْثُ يَمُرُّ سَلِسًا عَبْرَ جميعِ الأعمدة.

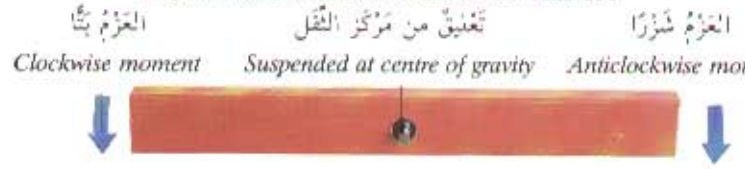


FREEFALL EXPERIMENT اختبارُ السُّقوط الحُرّ

القُوَى ١

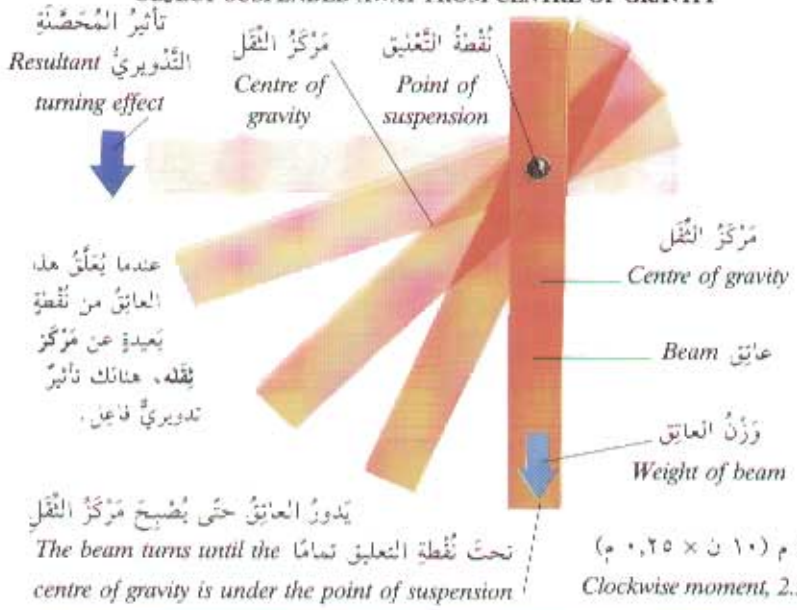
القُوَّةُ دَفْعٌ أو شَدّ. وقد تكونُ القُوَى كبيرةً أو صغيرة - وتُقاسُ **بالمِقْوى النابضيّ** (أُنْظُر ص ٨-٩) - بوَحدات النيوتُن غالبًا (١٠ نيوتُن = كيلوغرام قُوَّة). يُمكِنُ تَسْليطُ القُوَّةِ على الأَجسام بالإتِّصالِ المُباشِر المألوف، أو عن بُعْدٍ كما **الجاذبيَّة** (أُنْظُر ص ١٢-١٣) **والكهرُمِغْنَطيسيَّة** (أُنْظُر ص ٥٤-٥٥). عندما تُسَلَّطُ أكثَرُ من قُوَّةٍ واحدةٍ على الجِسْم، فإنَّ مُجْمَلَ القُوى المُؤثِّرةِ يُدعى **المُحَصَّلة**، وتَعْتمِدُ مُحَصَّلَةُ عِدَّة قُوَى على مقاديرِ تلكَ القُوى واتِّجاهاتها. فيكونُ الجِسْمُ **مُتوازنًا** إذا كانتِ القُوَى المُسَلَّطةُ عليه مُتوازنةً أي أنَّ مُحَصَّلتَها الإجماليَّةَ صِفْرٌ. فالجِسْمُ على سَطْحٍ جامِدٍ مُسْتَوٍ مُتوازِنٌ لأنَّ السَّطْحَ يَبْذُلُ قُوَّةَ **رَدِّ فِعْلٍ** تُعادِلُ **وَزْنَ** الجِسْم. أمَّا إذا أُميلَ السَّطْحُ فإنَّ قُوَّةَ رَدِّ الفِعْل لا تُعادِلُ وَزْنَ الجِسْم بالكامِل، حيث يَظَلُّ جُزْءٌ من الوَزْنِ، يُدْعَى **المُرَكِّبَةَ**، يَشُدُّ الجِسْمَ بِمُوازاة السَّطْح نحو أَسْفَلِ المُنْحَدَر. وقد تُحْدِثُ القُوَى حركةً دَورانيَّةً، كما تُحدِثُ حركةً خَطِّيَّةً مُسْتقيمةً. فإذا كان الجِسْمُ قابِلًا لِلدورانِ حَوْلَ نُقْطةٍ مُعَيَّنة كما في الرَّوافِع، فإنَّه يُمكِنُ أن يكونَ لِلقُوَّةِ تأثيرٌ تَدويريٌّ عليه، يُعْرَفُ **بالعَزْم**.

الجِسْمُ مُعَلَّقٌ من مَرْكَزِ الثِّقل
OBJECT SUSPENDED AT CENTRE OF GRAVITY



يَتوزَّعُ وَزْنُ العارِضِ أعلاه على مَدَى طُولِه. ويَكُونُ مُجْمَلُ العُزُومِ بتًّا وشَزْرًا مُتَوازِنًا إذا عُلِّقَ الجِسْمُ من مَرْكَزِ ثِقَلِه.

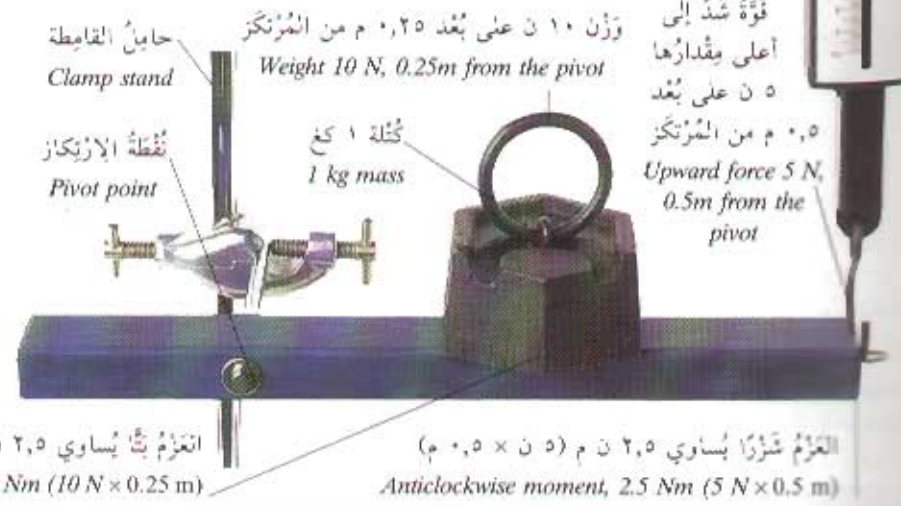
الجِسْمُ مُعَلَّقٌ بعيدًا عن مَرْكَزِ الثِّقل
OBJECT SUSPENDED AWAY FROM CENTRE OF GRAVITY



قُوَى الدَّوَران والتَّدْوير
TURNING FORCES

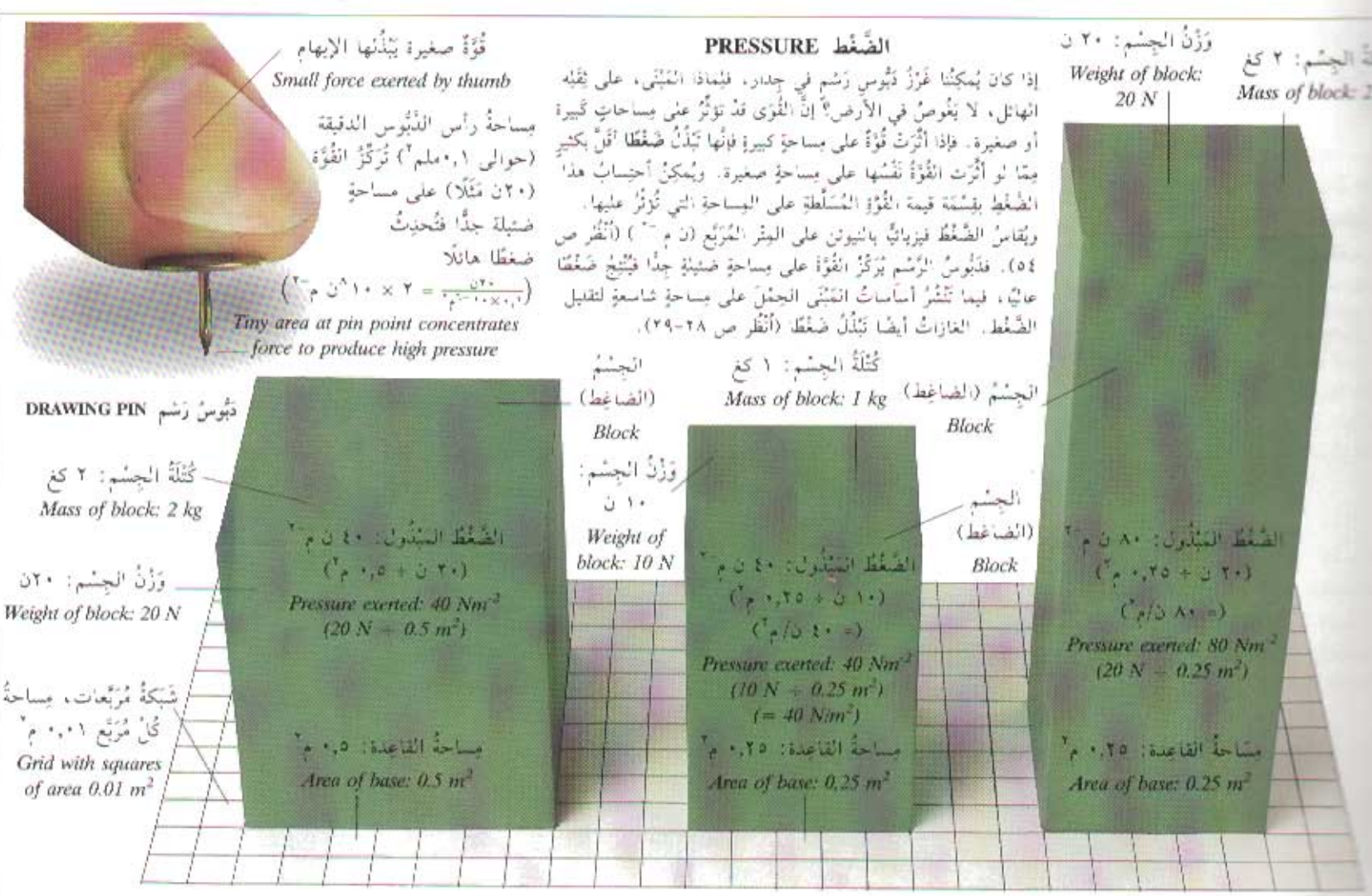
قُوَى التَّدْوير حَوْلَ مُرْتَكَز
TURNING FORCES AROUND A PIVOT

القُوَّةُ المُسَلَّطةُ على جِسْمٍ قابِلٍ للدوران حَوْلَ مُرْتَكَزٍ يُمْكِنُ أنْ تُحْدِثَ فيه تأثيرًا تدويريًّا، يُعْرَفُ بالعَزْم. وعَزْمُ القُوَّةِ هذا يُساوي حاصِلَ ضَرْبِ القُوَّةِ في المَسافةِ بينَها وبينَ نُقْطَةِ الدَّوران، ويُقاسُ بالنيوتن مِتْر (ن م) (أُنْظُر ص ٥٤). الكُتْلَةُ أدناه تُؤَثِّرُ بوَزْنٍ مِقْدارُه ١٠ ن على عارِضٍ مُرْتَكِزٍ على مِحْوَر. يَقْرأُ المِقْوى – الواقِعُ على ضِعْفِ بُعْدِ الكُتْلَةِ عن المُرْتَكَز – ٥ ن، وهي قُوَّةُ الشَّدِّ إلى أعلى اللّازِمةُ لِوَقْفِ العارِضِ عن الدَّوران. أي أنَّ عَزْمَ الكُتْلَةِ بتًّا (باتِّجاه عَقارِبِ الساعة) يُساوي عَزْمَ الشَّدِّ العُلْوِيِّ شَزْرًا (ضِدَّ اتِّجاه عَقارِبِ الساعة) الذي يُسَجِّلُه المِقْوى. وهكذا يَبْقى العارِضُ في حالةِ تَوازُن.



الضَّغْط PRESSURE

إذا كانَ بِمُكْنِنا غَرْزُ دَبُّوسِ رَسْم في جِدار، فلِماذا المَبْنى، على ثِقَلِه الهائل، لا يَغُوصُ في الأرض؟ إنَّ القُوى قَدْ تؤثِّرُ على مِساحاتٍ كَبيرةٍ أو صغيرة. فإذا أُثِّرَتْ قُوَّةٌ على مِساحةٍ كبيرةٍ فإنَّها تَبْذُلُ ضَغْطًا أقَلَّ بكثيرٍ مِمّا لو أُثِّرَتِ القُوَّةُ نَفْسُها على مِساحةٍ صغيرة. ويُمْكِنُ أحْتِسابُ هذا الضَّغْطِ بِقِسْمَةِ قيمةِ القُوَّةِ المُسَلَّطةِ على المِساحةِ التي تُؤثِّرُ عليها. ويُقاسُ الضَّغْطُ فيزيائيًّا بالنيوتن على المِتْرِ المُرَبَّعِ (ن م$^{-٢}$) (أُنْظُر ص ٥٤). فدَبُّوسُ الرَّسْمِ يُرَكِّزُ القُوَّةَ على مِساحةٍ ضَئيلةٍ جِدًّا فيُنْتِجُ ضَغْطًا عاليًا، فيما تَنْتَشِرُ أساساتُ المَبْنى الحِمْلَ على مِساحةٍ شاسعةٍ لتقليلِ الضَّغْط. الغازاتُ أيضًا تَبْذُلُ ضَغْطًا (أُنْظُر ص ٢٨-٢٩).

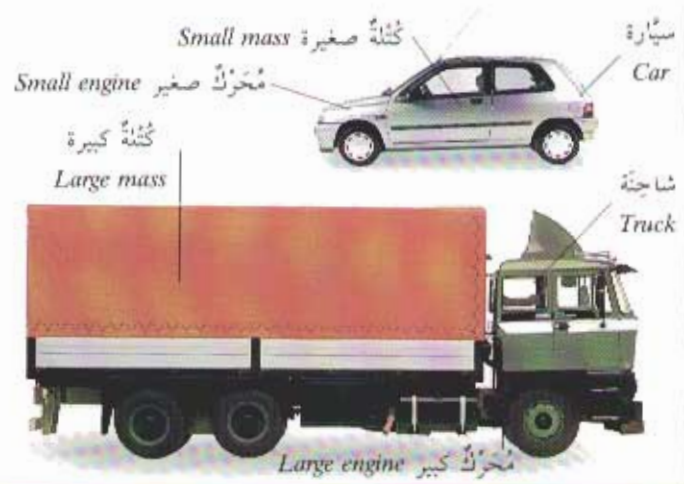


القُوَى ٢

عندما لا تُبْطِلُ القُوَى المُسَلَّطةُ على الجِسْم بعضُها مَفْعولَ بعض، فإنَّها تُغَيِّرُ حَرَكةَ الجِسْم؛ فتَتَغَيَّرُ سُرعةُ الجِسْمِ واتِّجاهُ حَرَكته أو كلاهما. وكانَ السِّير إسحٰق نيوتُن سبَّاقًا في استِنباط القوانين التي تَحْكُمُ طرائقَ تغَيُّر حَرَكةِ الأجسام بالقُوَى المُسَلَّطةِ عليها - وتُعرفُ هذه بقوانين نيوتُن لِلحَرَكة. إنَّهُ بزيادة كُتْلةِ الجِسْم، تَزْدادُ القُوَّة اللَّازمةُ لِتَغْيِيرِ حَرَكتِه. هٰذه المُقاومةُ لِلتغيير في حَرَكة الجِسْم تُدعى **القُصورَ الذاتيّ** (أو العَطالة). **سُرعةُ** الأجسام تُقاسُ غالبًا بالمِتْر في الثانية (م ث$^{-1}$)؛ **والسُّرعةُ الاتِّجاهيَّةُ** هي سُرعةُ الجِسْم في اتِّجاهٍ مُعَيَّن. **التَّسارُع** هو مُعَدَّلُ تغَيُّرِ السُّرعة في وَحْدة الزَّمَن، ويُقاسُ بالمِتْر في الثانية في الثانية (م ث$^{-2}$)؛ وهو لا يَحْدُثُ إلّا بتَسْليطِ قُوَّةٍ. أمَّا القُوَّةُ الخاصَّةُ التي تُبْقي القَمرَ في مَدارِه حَوْلَ الأرض، والأرضَ في مَدارها حَوْلَ الشَّمْس، مَثَلًا، فهي **قُوَّةُ الجاذبيَّة** (أو **التَّجاذُب**) التي يُمكِنُ ملاحظةُ تأثيرِها على مَدى أبعادٍ هائلة.

تَطْبيقُ قانون نيوتُن الثاني
NEWTON'S SECOND LAW IN ACTION

كُتْلةُ الشَّاحنة أعظمُ من كُتْلة السَّيّارة العاديَّة. وطِبْقًا لِقانون نيوتُن الثاني (أنْظُر إلى اليَسار)، الكُتْلةُ الكبيرةُ تَتطلَّبُ قُوَّةً أكبرَ لِتُحدِثَ التَّسارُعَ المُعَيَّنَ نَفْسَه. لِذا فالشَّاحنةُ بحاجةٍ إلى مُحرِّكٍ أكبرَ من مُحرِّك السَّيّارة.



قَوانينُ نيوتُن NEWTON'S LAWS

قانونُ نيوتُن الأوَّل NEWTON'S FIRST LAW

يَظَلُّ الجِسْمُ في حالة سُكونٍ أو حركةٍ مُنتظِمةٍ في خَطٍّ مُستقيم ما لَمْ تُؤثِّرْ عليه قُوَّةٌ خارجيَّة.

في غِياب القُوَّة، لا تَسارُع: الجِسْمُ السَّاكِنُ يَبْقى ساكِنًا

في غِياب القُوَّة، لا تَسارُع: الجِسْمُ المُتحرِّكُ يَسْتمرُّ في حَرَكةٍ مُنتظِمة

قانونُ نيوتُن الثاني NEWTON'S SECOND LAW

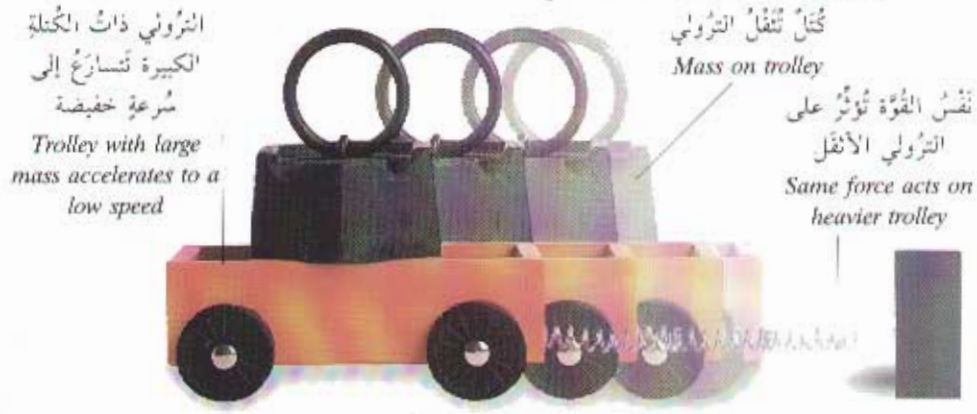
مُعَدَّلُ التغيُّر في كميَّة التحرُّك (يُسمَّى التَّسارُع - أنْظُر الصفحة المقابلة) يتناسَبُ مع القُوَّة المؤثِّرة. أي التَّسارُع = $\frac{\text{القُوَّة المؤثِّرة}}{\text{كُتلة الجِسْم}}$ أو القُوَّة = الكُتلة × التَّسارُع.

التِّرولي ذاتُ الكُتلة ال
تتسارَعُ إلى سُرعةٍ ع
ley with small mass
rates to a high speed

تتسارَعُ التِّرولي فقط عندما تؤثِّرُ عليها قُوَّة
Trolley accelerates only when force acts on it

النابِضُ يَشُدُّ (يَبْذُلُ قُوَّة على التِّرولي)
Spring exerts force on trolley

القُوَّةُ تُؤثِّرُ على كُتلةٍ صغيرة: النتيجة تَسارُعٌ كبير



القُوَّةُ نَفْسُها تُؤثِّرُ على كتلةٍ كبيرة: النتيجة تَسارُعٌ قليل

قانونُ نيوتُن الثالث NEWTON'S THIRD LAW

لِكُلِّ فِعْلٍ رَدُّ فِعْلٍ مُساوٍ لهُ في المِقدار ويُضادُّه في الاتِّجاه.

التِّرولي الثانية تتحرَّكُ نحوَ اليسار
Second trolley moves to left

قُوَّةُ رَدِّ فِعْلٍ مُساوية ومُضادَّة تؤثِّرُ على التِّرولي اليُسرى
An equal and opposite reaction force acts on the left-hand trolley

ضَغْطُ الزنبرك بين عَرَبتَي التِّرولي

النابِضُ يَبْذُلُ قُوَّةً يمينًا على التِّرولي الأولى
Spring exerts force to the right on first trolley

التِّرولي الأولى تتحرَّكُ نحو اليمين
First trolley moves to right

الفِعْلُ ورَدُّ الفِعْل Action and reaction

القُوَّةُ والحَرَكة FORCE AND MOTION

في الصُّوَر أدناه، كُلُّ صَفِّ كُرَاتٍ هو سِجِلٌّ لحَرَكة إحدى الكُرات صُوِّرتْ بِمُحاذاة مِسْطرةٍ مَرَّةً كُلَّ ثانية. ويُبَيِّنُ هذا مَدَى تحرُّك الكُرةِ خِلالَ تلك الثانيةِ وخِلالَ كُلِّ ثانيةٍ ثانية، ممَّا يُشَكِّلُ تمثيلًا عِيانِيًّا لِلسُّرعة والتَّسارُع.

السُّرعة SPEED

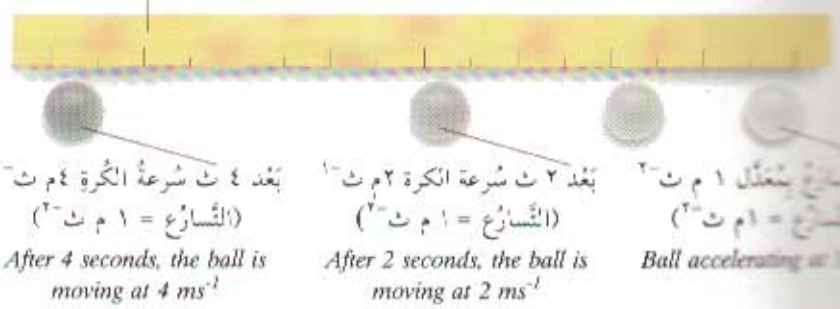
السُّرعةُ هي المَسافةُ التي يَقْطَعُها جِسْمٌ في زَمَنٍ مُحَدَّد؛ وتُحْتَسَبُ بِقِسْمَةِ المَسافة المَقْطوعة على الزَّمَن المُسْتَغْرَق (أُنْظُر ص ٥٤). في الفيزياء، تُقاسُ السُّرعةُ بالمِتْر في الثانية (م ث$^{-1}$).

مِسْطَرة
Ruler

التَّسارُع ACCELERATION

التَّسارُع هو مُعَدَّلُ تغيُّرِ سُرعةِ الجِسْم في وَحْدة الزَّمَن. ويُحْتَسَبُ بِقِسْمَةِ تغيُّرِ السُّرعة على زَمَنِ حُدوثِ التَّغيُّر (أُنْظُر ص ٥٤). يُقاسُ التَّسارُعُ بالمِتْر في الثانية في الثانية (م ث$^{-2}$).

مِسْطَرة
Ruler



كَمِيَّةُ التَّحَرُّك MOMENTUM

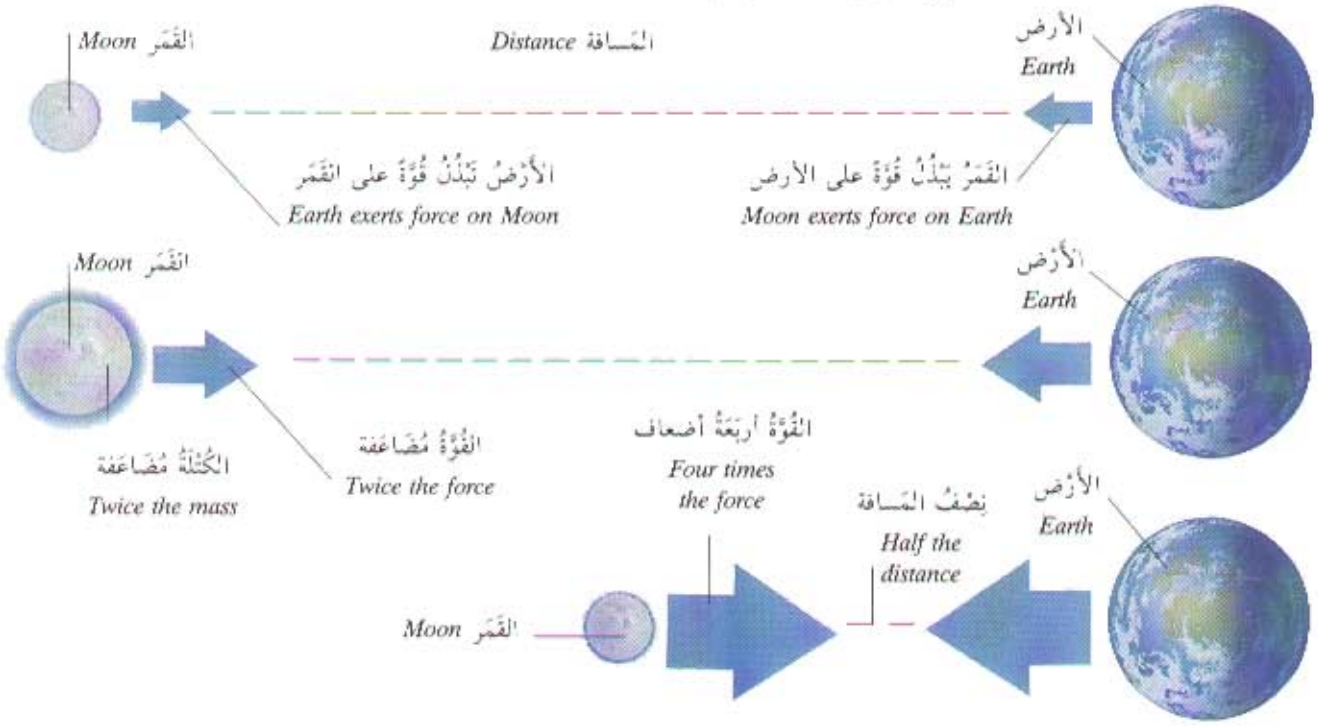
كَمِيَّةُ تَحَرُّكِ الجِسْمِ تُساوي كُتْلَتَه مَضروبةً في سُرعَته (أُنْظُر ص ٥٤). تُقاسُ كَمِيَّةُ التَّحَرُّكِ بالكيلوغرام مِتْر في الثانية (كغ م ث$^{-1}$). الكُرَتانِ أدناه لَهُما نَفْسُ كَمِيَّةِ التَّحَرُّك.

مِسْطَرة
Ruler

تَطبيقُ قانون نيوتُن الثاني على التَّسارُع NEWTON'S SECOND LAW APPLIED TO ACCELERATION

قُوَّةُ الجاذِبِيَّة (أو التجاذُب) GRAVITATIONAL FORCE

جميعُ الأجسامِ يَجْذِبُ بعضُها بعضًا جَذْبًا مُتَبادَلًا. وتَتَناسَبُ قُوَّةُ التَّجاذُبِ بين جِسْمَيْنِ طَرْدِيًّا مع كُتْلَتَيْهِما وعَكْسِيًّا مع مُرَبَّعِ المَسافة بَيْنَهُما (أُنْظُر ص ٥٤).



لو كانت كُتْلةُ القَمَرِ ضِعْفَ ما هي عليه، لكانت قُوَّةُ التجاذُبِ بين الأرض والقَمَر ضِعْفَ ما هي عليه بالفِعْل.

لو كانت المَسافةُ بين القَمَرِ والأرض نِصْفَ ما هي عليه، لكانت قُوَّةُ التجاذُبِ بينهما أربعةَ أضعافِ ما هي عليه بالفِعْل.

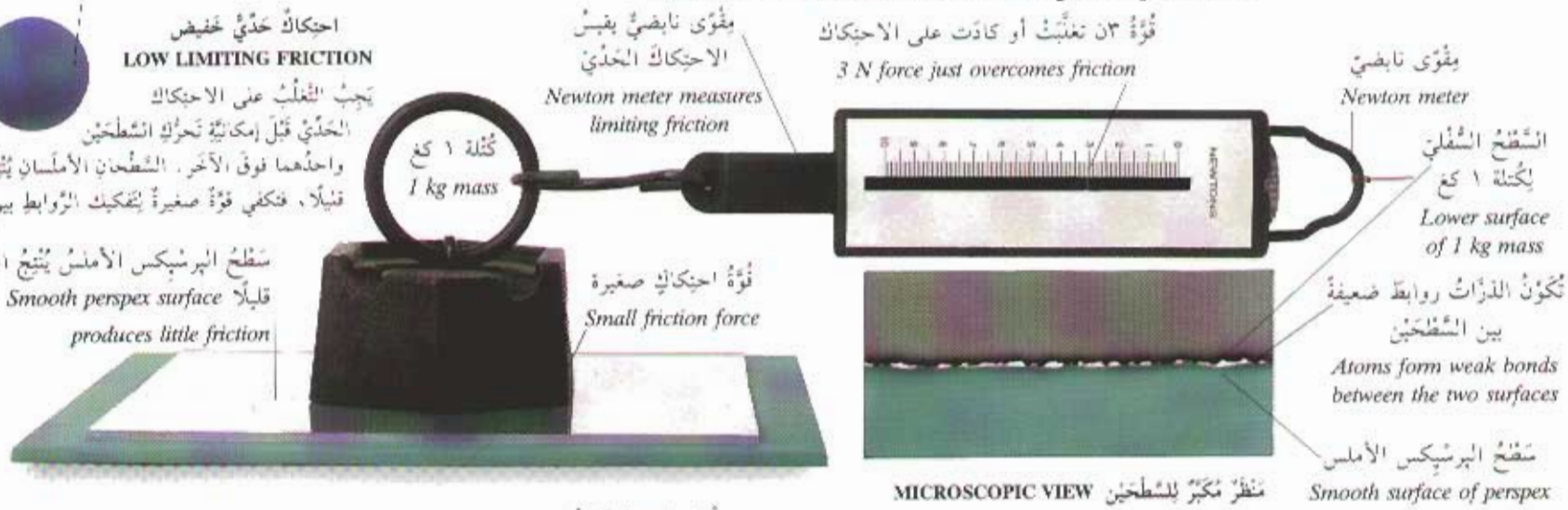
الاِحتِكاك

الاِحتِكاكُ قُوَّةٌ تُبَطِّئُ الحَركةَ أو تَمْنَعُها. من أَشْكالِ الاحتِكاكِ المألوفةِ مُقاوَمةُ الهواء، وهي تُحَدِّدُ السُّرعةَ التي يُمكِنُ لِلأجسام أنْ تتحَرَّكَ بِها عَبْرَ الهواء. تَعْتمِدُ كميَّةُ الاحتِكاك، بين سَطْحَيْن مُتَلامسَيْن، على طبيعةِ السَّطْحَيْن (من حيث خشونتُهما) وعلى القُوَّةِ أو القُوَى التي تَشُدُّ واحدَهما إلى الآخَر. ويَعُودُ سَبَبُ الاحتِكاك إلى تَضامُّ وترابُطِ **الذرَّات** في كِلا السَّطْحَيْن. عِنْدَما تُحاوِلُ جَرَّ جِسْمٍ على سَطْحِ الطاولة، مَثَلًا، فالجِسْمُ لا يتحَرَّكُ إلّا بَعْدَ تَجاوُزِ شَدِّكَ قُوَّةَ **الاحتِكاك الحَدِّيّ** بِفِعْلِ تلكَ الرَّوابط. ويُمكِنُ تَخْفيضُ الاحتِكاكِ بطريقتَيْنِ رَئيسيَّتَيْن: بالتَّزْليق أو باستِخدام الدَّحاريج (الأُسْطُوانيَّة). يَنْطوي التَّزْليقُ على تواجُدِ **مائعٍ** يُباعِدُ ما بين السَّطْحين، فيُمْكِنُ تحَرُّكُهما بِسَلاسةٍ واحِدُهما على الآخر. أمَّا الدَّحاريجُ فتُسَخِّرُ الاحتِكاكَ لِقَبْض السُّطوح وإحداثِ الدَّوران. وبَدَلًا من الانزلاقِ والاحتِكاك مَعًا يُنْتِجُ السَّطْحانِ المُتماسَّان قُوَى تدويرٍ تجعَلُ كُلَّ دِحْراجٍ يَدورُ - وهذا يُقَلِّلُ الاِحتِكاكَ (ومقاومتَه الحَركةَ) كثيرًا.

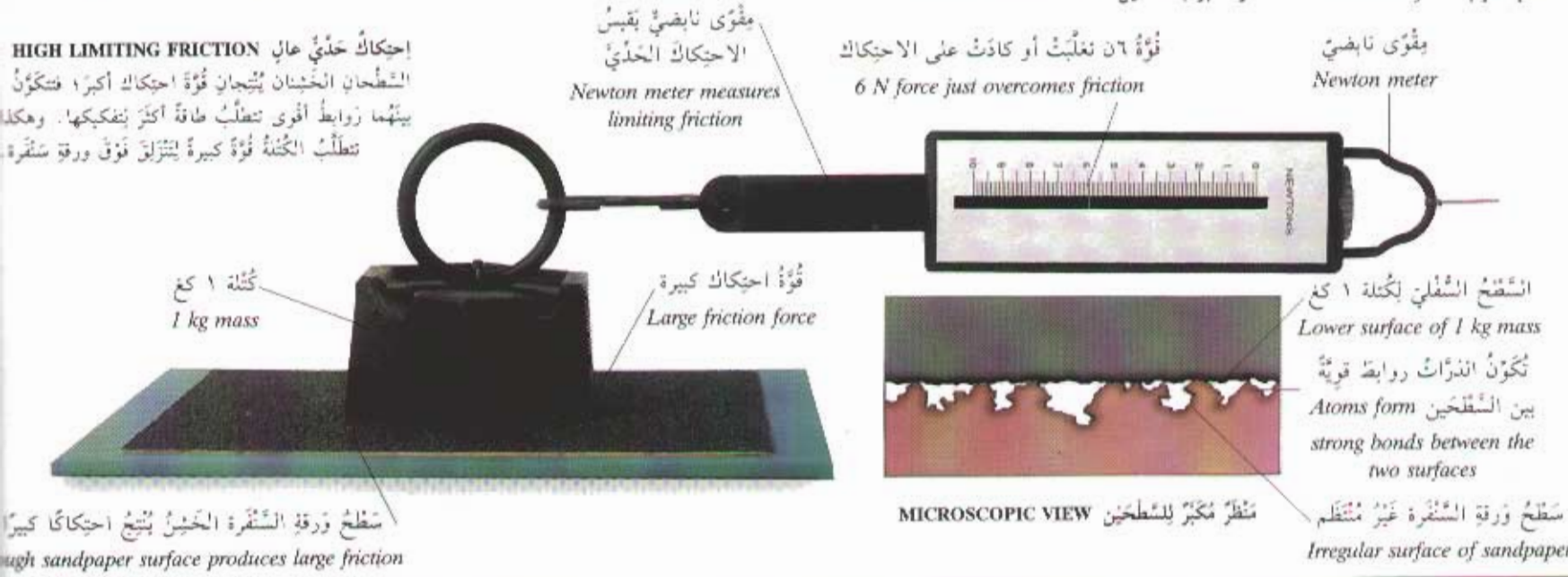
AIR RESISTANCE مُقاوَمَةُ الهَواء

مُقاوَمةُ الهواءِ نَوعٌ من الاحتِكاك يَحْدُثُ عِنْدَ تَحَرُّكِ جِسْمٍ عَبْرَ الهواء؛ وكُلَّما ازدادَتْ سُرعةُ تَحَرُّكِ الجِسْمِ تَزْدادُ تِلْكَ المُقاوَمة. الأجسامُ الشاقِطةُ تُسارِعُ حتى تَبْلُغَ سُرعةً تُدعى **السُّرعةَ الانتِهائيَّة** - حيثُ تُوازِنُ مُقاوَمةُ الهواء وَزْنَ الجِسْم تمامًا، فتَنْعَدِمُ **قُوَّةُ المُحَصِّلة** التي تَشُدُّه إلى الأرض ولا يَحْدُثُ أيُّ تَسارُعٍ إضافيٍّ بَعْدَ ذلك.

FRICTION BETWEEN SURFACES الاِحتِكاكُ بين سَطْحَيْن

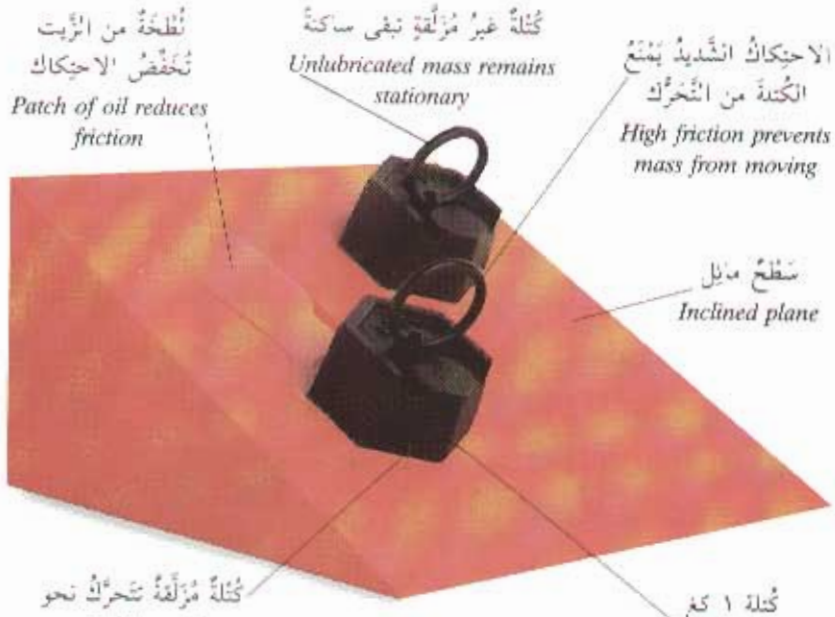


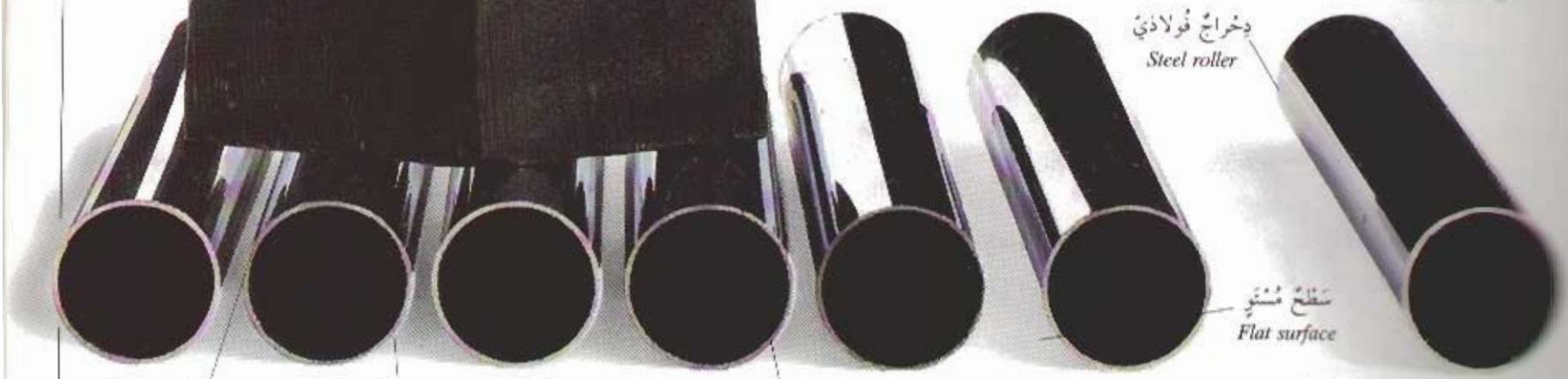
HIGH LIMITING FRICTION إحتِكاكٌ حَدِّيٌّ عالٍ



LUBRICATION التَّزْليق

تواجُدُ الزَّيتِ أو أيِّ مائعٍ آخَرَ بينَ سَطْحَيْنِ يُبْقيهما مُتباعِدَيْن. وحيثُ إنَّ (السوائلَ والغازاتِ) سيّالةٌ فإنَّها تُسَلِّسُ الحَرَكةَ بين السَّطْحَيْن. هنا، كُتلةُ كيلوغرامٍ مُزلَّقةٌ تَنزلقُ نحو أسفلِ المُنْحَدَر، بينما كُتلةٌ مُماثِلةٌ أُخرى، غيرُ مُزلَّقةٍ، منعَها الاحتِكاكُ منَ الحَرَكة.





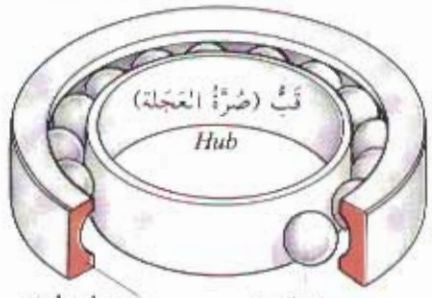
USING ROLLERS TO AVOID FRICTION استخدامُ الدَّحاريج لتفادي الاحتِكاك

الدَّحاريجُ الموضوعةُ بين سَطْحَيْنِ تُبْقيهما مُتباعِدَيْن. فالدَّحاريجُ تُمَكِّنُ السَّطْحَ السُّفْليَّ [illegible] من الحركةِ بحُريَّةٍ فوق الأرض. فالجِسْمُ الموضوعُ على دحاريجَ [illegible] جَرٍّ أو دَفْع.

MOTORCYCLE BRAKE مِكْبَحُ الدرَّاجةِ الناريَّة

يُستفادُ من الاحتِكاكِ في المكابحِ القُرصيَّةِ لِلدرَّاجاتِ الناريَّة. فقُوَّةُ الاحتِكاكِ بين قُرصِ المِكْبَحِ ولَبِنَتِه تُبطِئُ دورانَ الدولاب وتُخَفِّضُ سُرعةَ الدرَّاجة. وهكذا تتحوَّلُ **الطاقةُ الحَرَكيَّةُ** للدرَّاجة إلى طاقةٍ حراريَّة (انْظُر ص ٧).

BALL BEARINGS مَحامِلُ الكُرَيّات

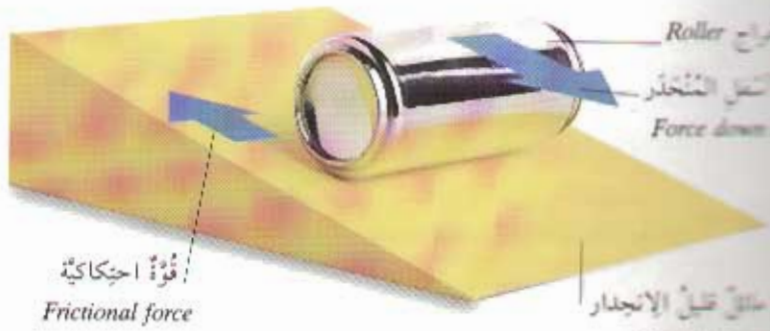


المحاملُ نَمَطٌ من الدَّحاريج يُستخدَمُ لتخفيضِ الاحتِكاكِ بين قِطَعِ المَكِنَاتِ المتحرِّكةِ كالعَجلاتِ (الدواليب) ومحاوِرِ دورانِها. فعِنْدما يَدُورُ الدولابُ حَوْلَ مِحْوَرِه، تدرُجُ الكُرَاتُ في مَدْرَجتِها داخلَ المَحْمِلِ مُخَفِّضةً الاحتِكاكَ إلى حَدٍّ بالِغ.

ROLLERS الدَّحاريج

THE ACTION OF A ROLLER ON A SLOPE سُلوكُ الدَّحراجِ على سَطْحٍ مائل

الاحتِكاكُ يَجْعَلُ الدَّحراجَ يَنْشَبُ (يعلَقُ) بالسَّطْحِ المائل، فلا يَنْزَلِقُ بل يدورُ ويَدْرُجُ نزولاً. ولولا الاحتِكاكُ، لكانَ الدَّحراجُ يَنْزَلِقُ انزلاقًا نحو أسفلِ المُنْحَدَر.

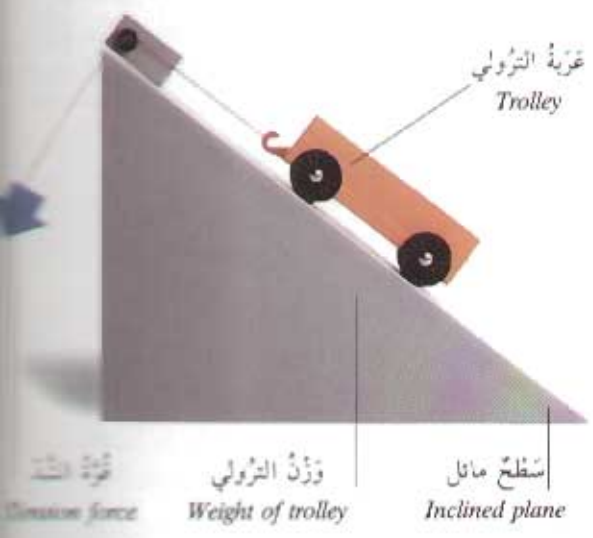


المَكِنَاتُ البَسيطة

فِيزِيائِيًّا، المَكِنَةُ آلةٌ أو نَبِيطةٌ تُسْتخْدَمُ لِنَقْل **القُوَّة** مُغَيِّرةً بذلكَ مِقدارَها أو اتِّجاهَها أو كليهما (أُنْظُر ص ١٠-١١). فباستِخدام بَكَرَةٍ بَسيطةٍ، يمكِنُك رَفْعُ حِمْلٍ بَشَدِّ الحَبْل إلى أسْفَلَ - وهو الأسْهَلُ. وباستِخدام بَكَّارةٍ (مَنظومةٍ من عِدَّة بَكَرات) يُمكِنُ تغييرُ مِقدارِ القُوَّةِ أيضًا بحيث يُمكِنُ رَفْعُ حِمْلٍ ثقيلٍ بجُهْدٍ قَليل. ومن المَكِنَاتِ البَسيطةِ السَّطْحُ الماثلُ والرَّافعةُ بأنواعها واللَّولَبُ والمِلْفاف (الدولاب والجُزع). وهذه المَكِنَاتُ على اختِلافها تُمَثِّلُ مَفْهومَ **الشُّغْل**، وتَعْمَلُ بِحَسَبِه. الشُّغْلُ هو كميَّةُ الطاقةِ المُسْتَنْفَدةُ عندما تَقْطَعُ القُوَّةُ مَسافةً مّا. والجُهْدُ هو القُوَّةُ المُسَلَّطةُ على المَكِنَة، والحِمْلُ هو القُوَّةُ المُرادُ للمَكِنَة التَّغلُّبُ عليها. والجُهْدُ، عادةً، أقَلُّ من الحِمْل؛ فإنَّه يُمكِنُ بالجُهْدِ القليل التغلُّبُ على حِمْلٍ ثَقيلٍ حينَ يَقْطَعُ الجُهْدُ مَسافَةً أطول. عندئذٍ يُقال إنَّ للمَكِنَةِ فائدةً آليَّة. ومع أنَّ الجُهْدَ يكونُ أقَلَّ باستِخدام مَكِنَةٍ، فإنَّ كميَّةَ الشُّغْلِ المَبْذولِ، أو الطاقةِ المُسْتَخْدمَةِ، تكونُ مُساويةً لِـ (أو أكثَرَ من) الكميَّةِ المَبْذولةِ بدونِ مَكِنَات.

السَّطْحُ الماثِل AN INCLINED PLANE

القُوَّةُ اللّازمة لِجَرِّ جِسْمٍ نحو أعلى المُنْحَدَر أقَلُّ من القُوَّةِ اللّازمة لِرَفْعِه عَموديًّا. لكِنَّ المسافةَ التي يَقْطَعُها الجِسْمُ، مَجرورًا إلى أعلى المُنْحَدَر، أطولُ منها فيما لو رُفِعَ عَموديًّا.



اللَّولَب SCREW

اللَّولَبُ أشبهُ بسَطْحٍ مائلٍ مَلْفوفٍ حَوْلَ عَمودٍ إدارة. فالقُوَّةُ التي تُديرُ اللَّولَبَ تُنتِجُ قُوَّةً أشَدَّ تتحرَّكُ مَدًى أقصَر - دافِعةً اللَّولَبَ في الخَشَب.

بَريمةُ السِّدادات القِلِّينيَّة CORKSCREW

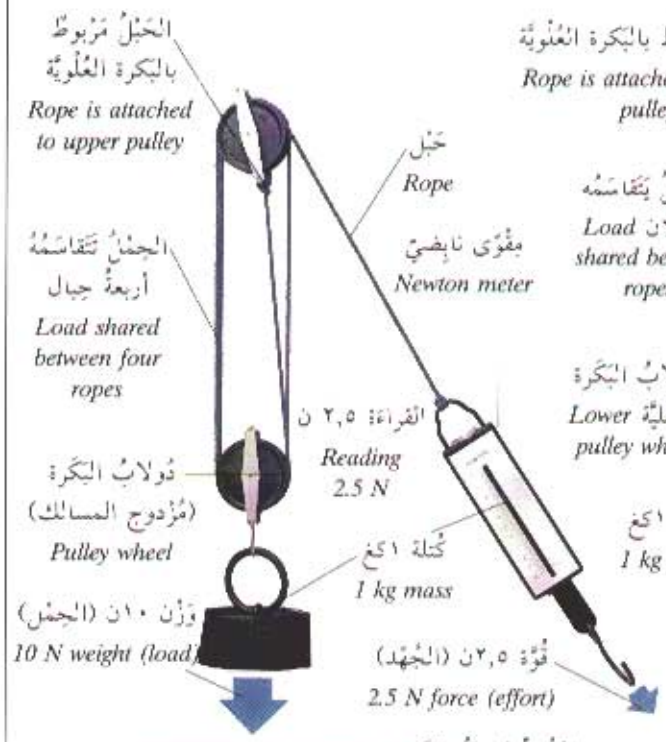
البَريمةُ مَنْظومةٌ بارِعة تتألَّفُ من عِدَّة مَكِناتٍ مُختلِفة. فاللَّولَبُ يَخْتَرِقُ السِّدادَ القِلِّينيَّ بشَدِّ المِلْفاف، ويُرفَعُ السِّدادُ بفِعْلِ رافعتَيْنِ من النَّوع الأوَّل (أُنْظُر الصفحةَ المُقابِلَة).

الإسْفين WEDGE

الفأسُ تَعْمَلُ كإسفين. فالقُوَّةُ المُسَلَّطةُ تَغْرِزُ النَّصْلَ في الخَشَبِ مَسافةً أطولَ كثيرًا مِمَّا يتباعَدُ الشِّقّان - مُنْتِجةً قُوَّةً أشَدَّ كَثيرًا.

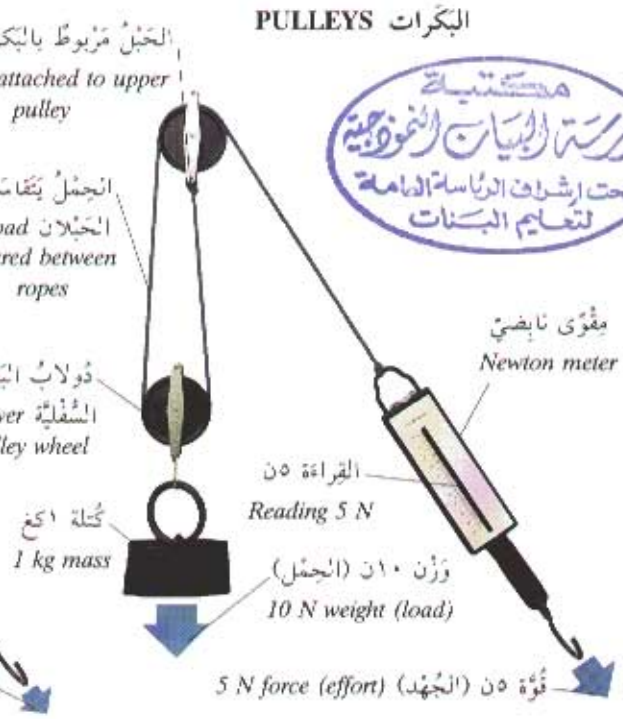
البَكَرات PULLEYS

مكتبة مدرسة البيان النموذجية تحت إشراف الرئاسة العامة لتعليم البنات



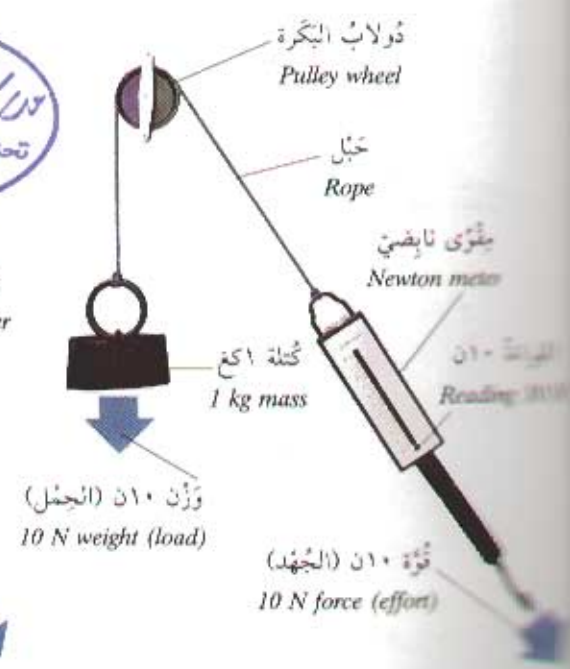
مَنْظومةُ رُباعيَّةُ البَكَرات QUADRUPLE PULLEY

الجُهْدُ المَبْذول في رَفْع كُتلة ١ كغ، بواسطة بَكَرةٍ رُباعيَّة البَكَرات، ضَئيلٌ جِدًا. لكِنْ، يَجِبُ شَدُّ الحَبْل (وتحرُّكُ الجُهْد) مَسافةً تبلُغُ أربعةَ أضعافِ مسافةِ ارتفاع الحِمْل.



مَنْظومةُ ثُنائيَّةُ البَكَرات DOUBLE PULLEY

مَنْظومةُ البَكَرَتَيْن هذه تَرْفَعُ كُتلةَ ١ كغ بجُهْدٍ ٥ ن فقط، لأنَّ الحِمْلَ يتوزَّعُ بين الحَبْلَيْن. لكِنْ، يَجِبُ شَدُّ الحَبْلِ (وتحرُّكُ الجُهْد) مَسافةً تبلُغُ ضِعْفَ مَسافةِ ارتفاع الحِمْل.



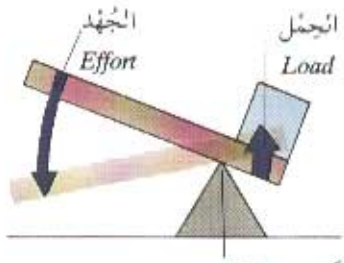
SIMPLE PULLEY

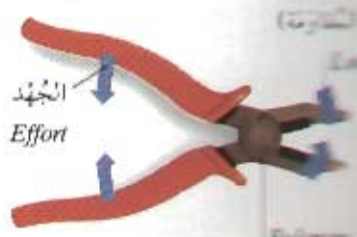
تُغيِّرُ اتِّجاهَ القُوَّة – لا مِقدارَها. هنا، كُتلة ١ (١٠ نيوتن) ترفَعُها قُوَّةٌ تُساوي ١٠ نيوتُن. الحِمْلُ [illegible] الطَّرَفِ الآخَرِ من الحَبْلِ يَقطعانِ نَفْسَ المَسافة.

أنواعُ الرَّوافِع الثلاثة THREE CLASSES OF LEVER

CLASS ONE LEVER

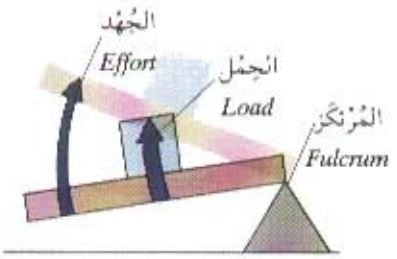
في النَّوْعِ الأوَّل، يكونُ **المُرْتَكَزُ** (أو نُقْطةُ الارتكاز) بين الجُهْدِ والحِمْل (المُقاوَمة).

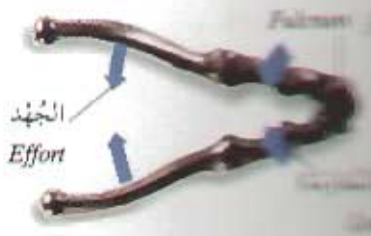




CLASS TWO LEVER

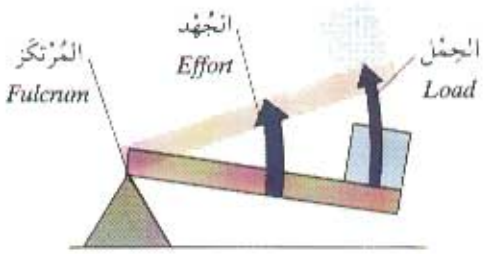
في النَّوْعِ الثاني من الرَّوافِع، يكونُ الحِمْلُ بين المُرْتَكَز والجُهْد. هنا أيضًا، الحِمْلُ (المُقاوَمَة) أقلُّ من الجُهْد، لكنَّه يتحرَّكُ مسافةً أقلّ.





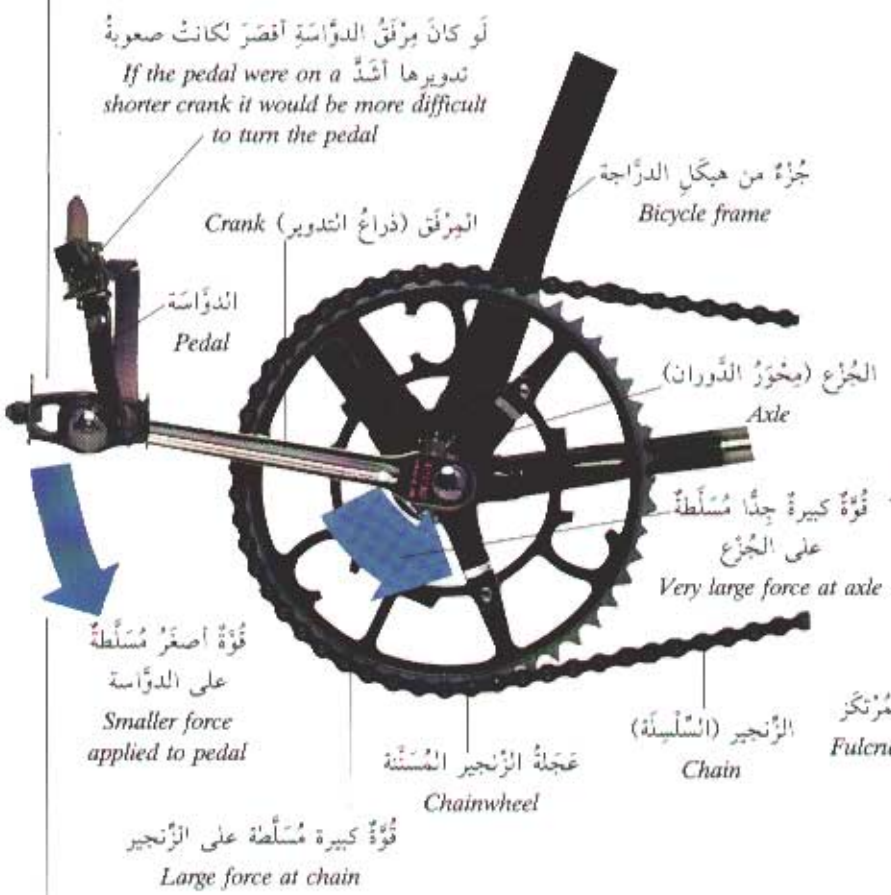
CLASS THREE LEVER

في النَّوْعِ الثالث من الرَّوافِع، يكونُ الجُهْدُ بين المُرْتَكَز والحِمْل. في هذه الحال، الحِمْلُ أقلُّ من الجُهْد، لكنَّه يتحرَّكُ مسافةً أكبر.



المِلْفاف (الدولاب والجُزْء) WHEEL AND AXLE

عِنْدَما تُدارُ دَوّاسَةُ الدرّاجةِ ومعها عَجَلةُ الزِّنجير المُسَنَّنَةُ دَورةً واحدة، تَتَحَرَّكُ الدوّاسةُ في مَدًى أبْعَدَ من مَدى حَلَقاتِ الزِّنجير. لِذا فالقُوَّةُ الناتجةُ على الزِّنجير أكبرُ من القُوَّةِ المُسَلَّطةِ على الدوّاسة. مِقْوَدُ السيّارة أيضًا مَثَلٌ على دولابٍ وجُزْء.



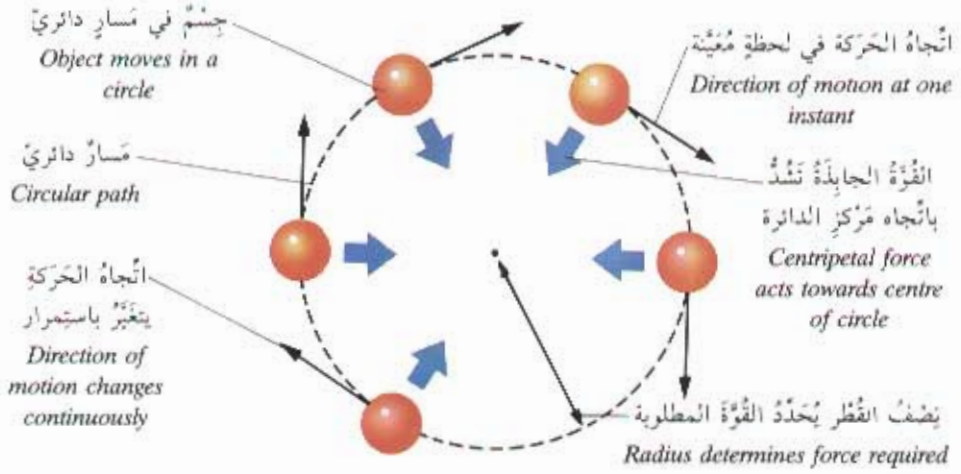
الحَرَكةُ الدَّائريَّة

عندما يتَحَرَّكُ جِسْمٌ في مَسارٍ دائريّ يتغيَّرُ اتِّجاهُه باستِمرار. وتَغييرُ الاتِّجاه هذا يتطَلَّبُ **قُوَّة** (أُنْظُر ص ١٢ وَ ١٣). والقُوَّةُ اللَّازِمةُ لِمُداوَمةِ الحركةِ الدَّائريَّة تُدعى **القُوَّةَ الجابِذَة** (قـجـ). ويعتمِدُ مِقدارُها على شُعاع الدائرة (نق) وكُتْلةِ الجِسْم (ك) وسُرعَتِه (س) (حيث قـجـ = ك س^{٢}/ نق). والقُوَّةُ هٰذه التي تُبْقي جِسْمًا مّا، في طرف خَيْط، يستمِرُّ في مَساره الدَّائريّ سبَبُها **شَدُّ** الخَيْط (أُنْظُر ص ٢٤ وَ٢٥). وإذا انعدَمتِ القُوَّةُ الجابِذَةُ، بانقِطاع الخيطِ مثلًا، ينطلِقُ الجِسْمُ في خَطٍّ مُسْتقيم، لِزَوال القُوَّةِ المُؤَثِّرة عليه. القُوَّةُ الجابِذَةُ التي تُبْقي الأرضَ، كما الكواكبَ السيّارةَ الأخرى، في مَدارِها هي **الجاذبيَّةُ** (أُنْظُر ص ١٠ وَ ١١)؛ وبانعِدام هذه القُوَّة، تَنْطَلِقُ الأرضُ، في خَطٍّ مُسْتقيم، عَبْرَ الفَضاءِ. كذٰلك، وفي نِطاقٍ مُصَغَّر لَنْ يستطيعَ دَرَّاجٌ الانعِطافَ بدرَّاجتِه الناريَّةِ حَوْلَ مُنْعَطَفٍ لولا الاحتِكاكُ الذي يُوَفِّرُ القُوَّةَ الجابِذَةَ لتحقيقِ ذلك. ونذكُر أنَّ التدويمَ، وهو شَكْلٌ من أشكالِ الحركة الدَّائريَّة، يُكسِبُ **الجَيْروسكوبَ** استِقراريَّتَه.

الحَرَكةُ في مَسارٍ دائريّ MOTION IN A CIRCLE

مَظاهِرُ الحَرَكة الدَّائريَّة

القُوَّةُ التي تُغَيِّرُ اتِّجاهَ حَرَكة الجِسْم باستِمرار في مَسارٍ دائريّ تُدعى القُوَّةَ الجابِذَة. وهي مُوَجَّهةٌ دومًا نحو مَرْكَزِ الدَّائرة. وكُلَّما صَغُر نِصْفُ قُطر دائرةِ المَسار كانتِ القُوَّةُ الجابِذَةُ المُتَطَلَّبةُ أكبَرَ (كما يتَّضِحُ ذلك من المُعادلة أعلاه).



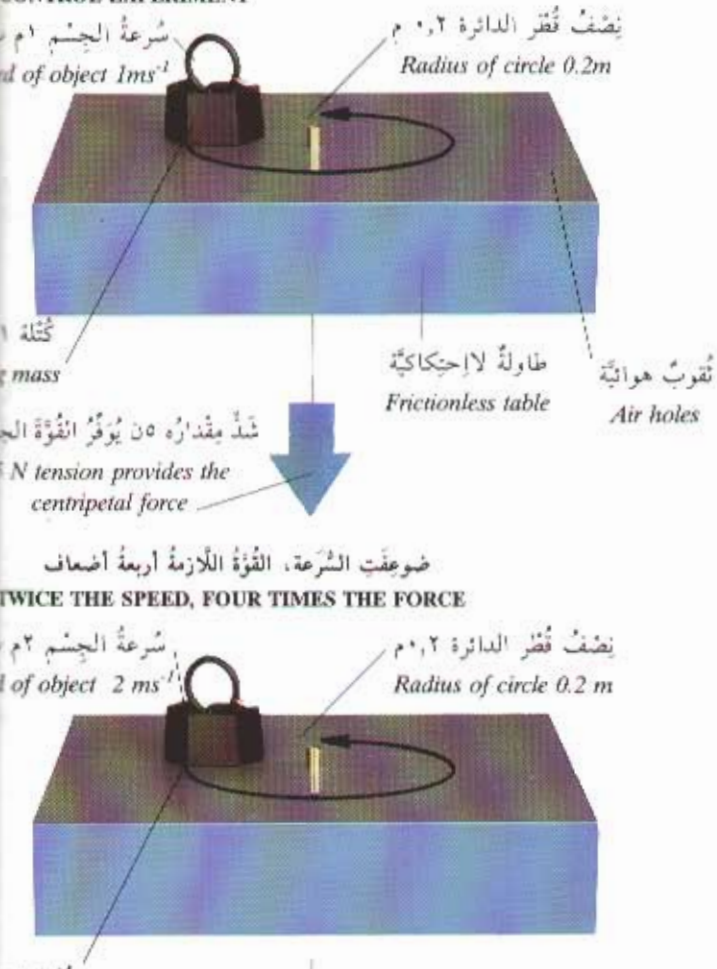
رامي المِطْرَقة HAMMER THROWER

شَدُّ العَضَلاتِ يُوَفِّرُ القُوَّةَ الجابِذَةَ اللَّازمةَ لِيُدَوِّمَ الرِّياضيُّ المِطْرَقةَ في مَدارِها. وعندما يُفْلِتُ الرَّامي السِّلْسِلةَ، تَنْطَلِقُ المِطْرَقةُ في خَطٍّ مُستقيمٍ لانعِدام القُوَّةِ التي كانتْ تَشُدُّها.

القُوَّةُ الجابِذَة CENTRIPETAL FORCE

في التَّجربةِ أدناه، شَدُّ الخَيْطِ يُوَفِّرُ قُوَّةً جابِذَةً، تُبْقي كُتْلَة ١ كغ تتحَرَّكُ في مَسارٍ دائريّ. تتحَرَّكُ الكُتْلةُ بحُريَّةٍ عندما تَطْفو كالحَوّامة فوق نَفَثِ الهواء المُنْطلِقِ من تَحْتِها. فإذا تَضاعفَ قُطْرُ الدائرة تَقِلُّ القُوَّةُ الجابِذَةُ اللَّازمةُ إلى النِّصْف، وإذا تَضاعفَتِ السُّرعةُ تَزْدادُ القُوَّةُ الجابِذَةُ أربعَةَ أضعاف $\left(\text{قـجـ} = \frac{\text{ك} \times \text{س}^{٢}}{\text{نق}}\right)$.

تجربةٌ ضابطة
CONTROL EXPERIMENT



ضوعِفَتِ السُّرعة، القُوَّةُ اللَّازمةُ أربعةُ أضعاف
TWICE THE SPEED, FOUR TIMES THE FORCE

ضُوعِفَ شُعاعُ الدائرة، إنخفضَتِ القُوَّةُ إلى النِّصف
TWICE THE RADIUS, HALF THE FORCE

PLANETARY ORBITS مَداراتُ الكَواكِب السيَّارة

الجاذبيَّةُ تُوَفِّرُ القُوَّةَ الجاذِبَة
Gravity provides the centripetal force

سُرعة الزُّهَرة المَداريَّة:
Orbital ٣٥ م ث⁻¹
speed of Venus
34,900ms⁻¹

مَسارٌ مداريّ
Orbital path

قُوَّةُ الجاذبيَّة على الزُّهَرة
Gravitational force on Venus

قُوَّةُ الجاذبيَّة على الأرض
Gravitational force on the Earth

الشَّمس *Sun*

الأرض
Earth

الزُّهَرة
Venus

سُرعة الأرض المَداريَّة:
٢٩٨٠٠م ث⁻¹
Orbital speed of the Earth: 29,800 ms⁻¹

بُعدُ الأرض عن الشَّمس:
١٤٩٠٠٠ مليون متر
Distance of Earth to the sun: 149,000 million metres

بُعدُ الزُّهَرة عن الشَّمس: ١٠٨٠٠٠ مليون متر
Distance of Venus to the Sun: 108,000 million metres

GRAVITATIONAL FORCES قُوى الجاذبيَّة

مَدارُ الكَوكب حَوْلَ الشَّمس هو مَسارٌ **إهليلَجيّ**؛ والكَواكبُ السيَّارةُ تَشُدُّها قُوَّةٌ جاذبةٌ تُبقيها في مَسارِها حَوْلَ الشَّمس وإلّا انطلقَتْ في خَطٍّ مُستقيمٍ إلى الفَضاءِ الخارجيّ. الجاذبيَّةُ تُوَفِّرُ هذه القُوَّةَ الجاذِبَةَ التي تَشُدُّ باتِّجاه مَرْكَزِ النِّظامِ الشَّمسيّ (الشَّمس). كُتلةُ الزُّهَرةِ تُعادِلُ كُتلةَ الأرض تقريبًا، لكِنَّ سُرعةَ دَورانِ الزُّهَرةِ أكثَرُ بِكثير، لأنَّها أقْرَبُ إلى الشَّمس، وقُوَّةُ الجاذبيَّة، وبالتالي القُوَّةُ الجاذِبَةُ عليها، أكبَرُ بكثير.

GYROSCOPE الجَيْروسكوب

مَحْمِلٌ كُرَويّ *Bearing*

مِحْوَر *Axis*

بِلجَيْروسكوب حَرَكةٌ بِدَاريَّة
Gyroscope precesses

دُولابٌ مُدَوَّم
Spinning wheel

Metal gyro

ANGULAR MOMENTUM كميَّةُ التَّحَرُّك الزَّاوِيّ

كُلُّ جِسْمٍ مُدَوَّم، كدُولابٍ أو خُذْروفٍ، يَسْلُكُ كالجَيْروسكوب. الجَيْروسكوبُ، بِتَدويمه، يُصبِحُ ذا **كميَّةِ تَحَرُّكٍ زاويٍّ** تُكسِبُه استِقرارًا حتى إنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّةِ المُؤثِّرةَ عليه لا تَستطيعُ قَلْبَه؛ لكِنَّها عندما تُحاوِلُ إمالَةَ مِحْوَرِه، يَتحرَّكُ هذا المِحْوَرُ مُتَعامِدًا معها، فيُسَبِّبُ ذلك حَرَكةً بِدَاريَّة (ثُلاثيَّةَ المحاور) يرسُمُ المِحْوَرُ خِلالَها دائرةً صغيرة.

Plastic axel

TURNING A CORNER الدَّورانُ حَوْلَ المُنْعَطفات

FRICTION الإحتِكاك

إحدى القُوَى المُؤثِّرةُ على دَرَّاجٍ عند دَورانِه حَوْلَ مُنْعَطَفٍ هي القُوَّةُ الجاذِبَةُ الناتجةُ عن الاحتِكاك بين إطاراتِ الدَّرَّاجةِ النارِيَّةِ والطريق، وبِدُون هذا الاحتِكاك، كما هي الحالُ على سَطْحٍ جَليديّ مَثَلًا، فإنَّ الدَّرَّاجَ يتابِعُ انطلاقَهُ في خَطٍّ مُستقيم.

يَميلُ الدَّرَّاجُ نَحْوَ داخِلِ المُنْعَطَفِ لِلمُحافظة على تَوازُنِه
Rider leans into curve to maintain balance

تزدادُ قُوَّةُ الاحتِكاك كُلَّما ضاقَ المُنْحنى (أي اشتَدَّ التقوُّس)
Friction force increases as the curve tightens

يَحْدُثُ الاحتِكاكُ بين الإطاراتِ والطريق
Friction occurs between tyres and road

قُوَّةُ الاحتِكاك لا تُؤثِّرُ في اتِّجاهٍ جانبيّ
No friction force acts in sideways direction

الدَّرَّاجةُ النارِيَّةُ تَنْطَلِقُ في خَطٍّ مُستقيم
Motorbike moves in a straight line

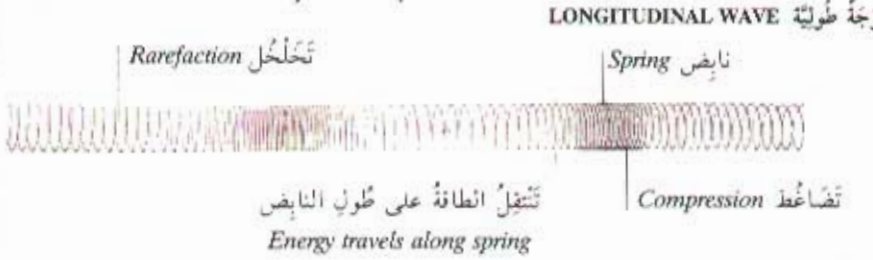
الأَمْواجُ والذَّبْذَبات

الحرَكةُ النَّوَسانيَّةُ، المُترجِّحةُ جَيئةً وذَهابًا كحَرَكةِ البَنْدُول، تُسمَّى ذَبْذَبةً. وهي، حين تَسْري في المادَّةِ أو الفَضاءِ، تُصبِحُ مَوجةً. وتَحْدُثُ الذَّبْذَبةُ (أو الاهتِزازُ) عندما تُؤثِّرُ قُوَّةٌ لإعادةِ جِسْمٍ مُزاحٍ إلى مَوقِعِ **تَوازُنِه**، ويَزدادُ مِقْدارُ هذه القُوَّة بازديادِ كميَّةِ **الإزاحة**. **فالكُتلةُ** المُعَلَّقةُ من نابضٍ، مثلًا، تُؤثِّرُ فيها قُوَّتان: **الجاذبيَّةُ** و**تَوَتُّرُ** (شَدّ) النَّابض (أُنْظُر ص ٢٨ و٢٩). وفي نُقطةِ التَّوازُن، تكونُ **مُحَصَّلَةُ** هاتين القُوَّتَيْن (أُنْظُر ص ١٠ و١١) صِفْرًا، إذ تُعادِلُ واحدَتُهُما الأُخرى. لكِنْ، في كُلِّ النِّقاطِ الأُخرى، تؤثِّرُ قُوَّةُ المُحَصَّلةِ في الاتِّجاهِ الذي يُعيدُ الجِسْمَ إلى مَوقِعِ تَوازُنِه. وهكذا يترجَّحُ الجِسْمُ جَيْئةً وذَهابًا (أي يتذَبْذب) حَوْلَ ذلك المَوقع. الاهتِزازُ ظاهِرةٌ عامَّةُ الشُّيوع يَنْتِجُ مِنها ظواهرُ شتَّى كالصَّوت. ففي الهواء، تَنْتقِلُ الاهتِزازاتُ الصَّوتيَّةُ كأمواجٍ بين جُزَيئاتِ الهواء؛ والكثيرُ من الموادِّ الأُخرى يَنْقُلُ الصَّوتَ بطريقةٍ مُماثِلَة.

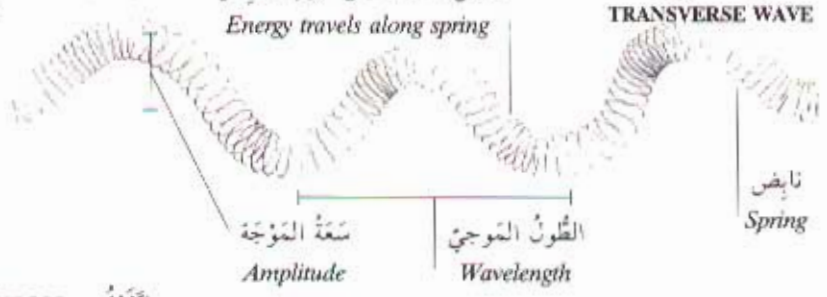
البَنْدُول (النَّوّاسُ أو الرقّاص)
PENDULUM

WAVES IN SPRINGS الأمواجُ في النَّوابِض

LONGITUDINAL WAVE مَوجةٌ طُولِيَّة



TRANSVERSE WAVE مَوجةٌ مُستعرِضة

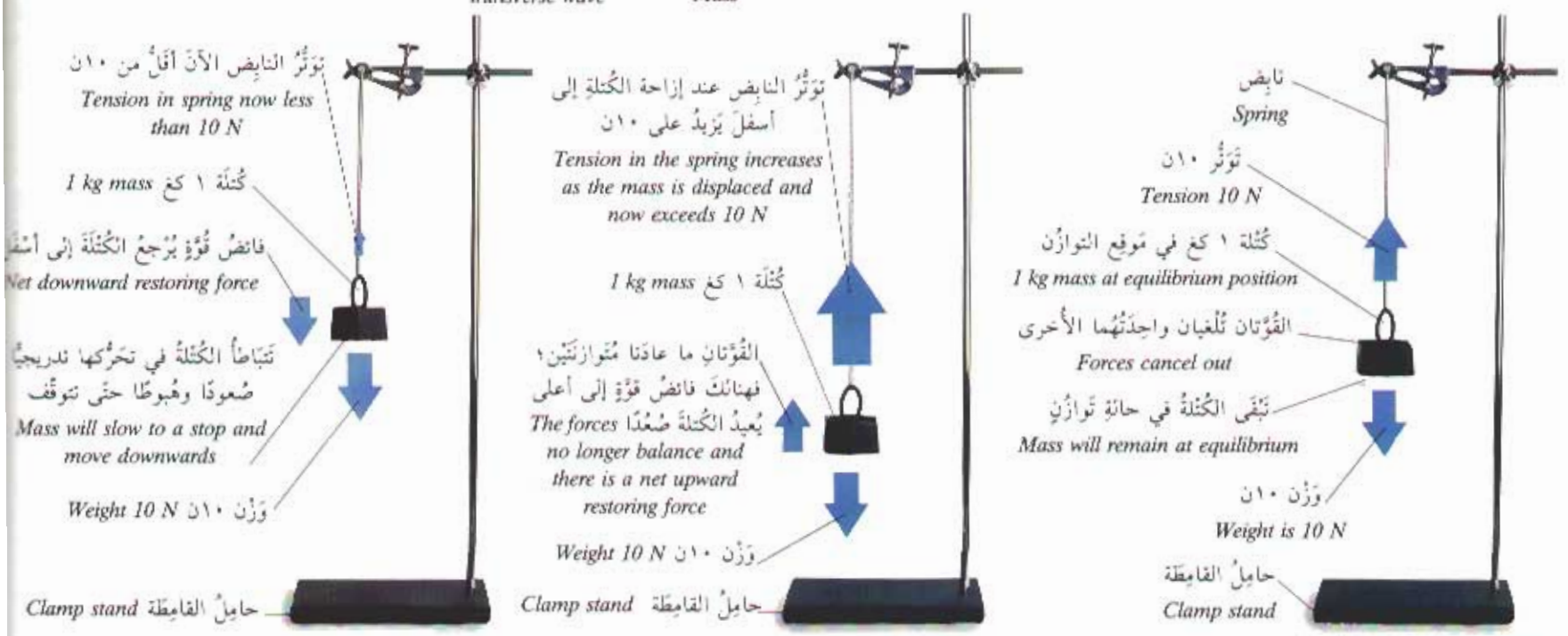


OSCILLATION التَّذَبْذُب

MOTION OF MASS ON SPRING, MASS SEEN IN ISOLATION حَرَكةُ كُتلةٍ مُعَلَّقةٍ من نابِض (نَمثِّلُ حركةَ الكُتلةِ بمَعْزِلٍ عن الحامل)

MOTION OF MASS ON SPRING حَرَكةُ كُتلةٍ مُعَلَّقةٍ من نابِض

الكُتلةُ الأُولى المُبيَّنةُ (أدناه إلى اليمين) هي في حالةِ تَوازُن؛ لأنَّ القُوَّتَيْنِ المُؤثِّرتَيْن عليها – وهُما وَزْنُها وتَوَتُّرُ النابِض – يُعادِلانِ بعضُهما تمامًا. فإنْ تُعْطَى الكُتلةُ دَفْعةً ابتِدائيَّةً إلى أسْفلَ وتُراحُ سَفْلًا (نحوَ المَرْكَز)، يَزيدُ تَوَتُّرُ النابِضِ على الوَزْن. فتعمَلُ قُوَّةُ المُحَصِّلةِ صُعُدًا مُسارِعةً إعادةَ الكُتلةِ إلى مَوقِعها الأصليّ، وتُكْسِبُها، في الوقتِ نَفْسِه، كميَّةَ تحرُّكٍ تحمِلُها أبعدَ إلى فَوق. وعندما يَفوقُ الوَزْنُ تَوَتُّرَ النابِض (أدناه إلى اليَسار)، تُشَدُّ الكُتلةُ ثانيةً إلى أسْفَل؛ وهكذا تتكَرَّرُ الدَّورةُ مُجدَّدًا.



SOUND AS VIBRATION OF THE AIR الصَّوتُ كاهتِزازاتٍ هوائيَّة

PROPAGATION OF SOUND انتشارُ الصَّوت

الجِسْمُ المُهْتَزُّ، كالشَّوكةِ الرَّنَّانة المُبيَّنةِ هنا، يُحْدِثُ تغيُّراتٍ ضغطيَّةً في الهواءِ المُحيط. فتَنْتَشِرُ نُفُثٌ من **الضَّغْط** العالي والمُنخفِض، تُعرَفُ **بالتَّضاغُطات والتَّخَلْخُلات**، كأمْواجٍ صوتيَّةٍ عَبْرَ الهواء. هذه الأمواجُ الصَّوتيَّةُ تُحدِثُ في الميكروفون المُتَنَقِّي، ذَبْذَباتٍ كهربائيَّةً يُمكِنُ عَرْضُها على شاشةِ كاشِفِ الذَّبْذَبة (الأوسيلوسكوب).

مِنطقةُ ضغطٍ عالٍ (تضاغُط)
High-pressure area (compression)

مِنطقةُ ضغطٍ مُنخفِض (تخَلْخُل)
Low-pressure area (rarefaction)

مَوْجَةٌ صَوتيَّة
Sound wave

شَوكةٌ رنَّانةٌ تُحدِثُ صوتًا
Tuning fork produces sound

تغيُّراتُ الضغط تَنْتَشِرُ بَعيدًا عن الشَّوكةِ الرَّنَّانة
Pressure variations move outwards from tuning fork

الطُّولُ المَوجيّ
Wavelength

تَهْتَزُّ شُعْبَتا الشَّوكة بمُعدَّلِ ٤٤٠ مَرَّةً في الثانية
Prongs of fork vibrate at 440 times each second

جُزَيْئاتُ الهواءِ مُتَباعِدةٌ أكثرَ من المُعتاد
Air molecules farther apart than usual

مُعدَّلُ تَرَدُّدِ الشَّوكة الرَّنَّانة ٤٤٠ هرتزًا (هز)
Tuning fork rated at 440 hertz (Hz)

RAREFACTION تَخَلْخُل

يَسْري التَّضاغُطُ كَموجةٍ سُرعتها حوالى ٣٣٠ مترًا في الثانية
The compression travels as a wave at about 330 metres per second

جُزَيْئاتُ الهواءِ مُتلازِّةٌ أكثرَ من المُعتاد
Air molecules closer than usual

COMPRESSION تضاغُط

المِكروفون يُحدِثُ ذَبْذَباتٍ كهربائيَّة
Microphone produces electrical oscillations

كَبْلٌ يَنْقُلُ الإشاراتِ الكهربائيَّةَ إلى كاشِفِ الذَّبْذَبة
Cable takes electrical signal to oscilloscope

شاشةُ الكاشِفِ تَعْرِضُ الإشاراتِ الكهربائيَّة
Screen displays electrical signal

الموجةُ ٤٤٠ هز
Wave has a frequency of 440 Hz

انتضاغُطاتُ وَالتَّخَلْخُلاتُ تَصِلُ إلى المِكروفون
Compressions and rarefactions reach the microphone

كاشِفُ الذَّبْذَبة (مِرْسَمَةُ الأشِعَّةِ الكاثوديَّة لِلذَّبْذَبات)
Oscilloscope (cathode ray oscillograph)

ذُرَى المَوجات مُناظِرةٌ لِلتضاغُط
Maximum points of wave correspond to compression

Minimum points of wave correspond to rarefaction

NOTES PRODUCED BY COLUMNS OF AIR نَغَماتٌ تُنتِجُها أعمدةُ الهواء

FREQUENCY AND WAVELENGTH التَّرَدُّدُ والطُّولُ المَوجيّ

البُعْدُ بين نَضاغُطَيْنِ مُتتاليَيْن في مَوجةٍ صوتيَّة يُدعى **الطُّولَ المَوجيّ**. الأمواجُ الصَّوتيَّةُ القَصيرةُ الطُّولِ المَوجيّ يكونُ تَرَدُّدُها عاليًا، وتُسْمَعُ عاليةَ الطبقةِ انصوتيَّة. تَرَدُّدُ النَّغمةِ هو عددُ اهتزازاتها في الثانية، ويُقاسُ بالهِرْتز (هز). عَمودا الهواءِ في هذين المِخبارَيْنِ يُنتِجان نَغْمَتَيْن مُختلِفَتَي الطبقةِ عندما يُنفَخُ الهواءُ عَبْرَ فوَّهَتَيْهما.

الهواءُ المَنْفوخُ عَبْرَ فُوَّهةِ المِخبار يُنتِجُ صوتًا
Air blown across the top of the jar produces sound

تَغَيُّراتٌ كبيرةٌ في الضَّغْط
Large variations in pressure

نِصْفُ الطُّولِ المَوجيّ
Half of one wavelength

طُولُ عَمود الهواء ٠,١٤ م
Air column 0.14 m long

لا تَغَيُّراتٍ في الضغط هنا
No variations in pressure

ماءٌ مُلَوَّن
Coloured water

تَرَدُّدُ الصوتِ النَّاتِجُ حوالى ١٢٤٠ هز، ويُسْمَعُ عاليَ الطَّبقة
Sound produced has a frequency of about 1,240 Hz and sounds high-pitched

تَغَيُّراتٌ كبيرةٌ في الضَّغْط
Large variations in pressure

نِصْفُ الطُّولِ المَوجيّ
Half of one wavelength

طُولُ عَمود الهواء ٠,٢٨ م
Air column 0.28 m long

لا تَغَيُّراتٍ في الضغط هنا
No variations in pressure

مِخبارٌ زُجاجيّ
Narrow glass jar

تَرَدُّدُ الصوتِ النَّاتِجُ حوالى ٦٢٠ هز ويُسْمَعُ أخفضَ طَبَقةً
Sound produced has a frequency of about 620 Hz and sounds lower pitched

LOUDSPEAKER المِجْهَار (مُكَبِّرُ الصَّوت)

تَنْقُلُ الإشاراتُ الكهربائيَّةُ المُتَغَيِّرةُ إلى المِلَفِّ الصَّوتيّ الواقعِ ضِمْنَ المَجال المَغْنَطيسيِّ لِمِغْنَطيسٍ دائم في المِجْهار. فتَعْمَلُ هذه الإشاراتُ على جَعْلِ المِلَفِّ مَغْنَطيسًا كهربائيًّا (أُنْظُر ص ٣٤ و٣٥) يَشُدُّ ضِدَّ مَجالِ المِغْنَطيسِ الدائم – دافِعًا مَخْروطَ المِجْهارِ جَيْئةً وذَهابًا بالتَّزامُنِ مع الإشاراتِ الكَهْربائيَّةِ المارَّةِ عَبْرَه.

If the signal is from a sound recording, the original sound will be reproduced

إذا كانت الإشاراتُ الكهربائيَّةُ من تَسْجيلٍ صَوتيّ، يُسْتَعادُ الصَّوتُ الأصْليّ

مِلَفٌ صَوتيّ
Voice coil

مِغْنَطيسٌ دائم
Permanent magnet

مَخْروطُ المِجْهار يُدْفَعُ جَيْئةً وذَهابًا مُحْدِثًا الصَّوت
Speaker cone is pushed in and out to produce sound

مَوْقِف
Collar

مَرْبِط (طَرَفُ تَوصيل)
Terminal

الحَرارةُ ودَرَجةُ الحرارة

الحرارةُ شَكْلٌ من أشكالِ الطاقة (أُنْظُر ص ٦ و٧). وهي **الطاقةُ الحَرَكيَّةُ لِلذرَّاتِ والجُزَيئاتِ** التي تؤلِّفُ المادَّةَ بِمُخْتلف أنواعها. أمَّا دَرَجةُ حرارةِ مادَّةٍ مّا فتتعلَّقُ بِمُعَدَّلِ الطاقةِ الحَرَكيَّةِ لجُسَيماتها. وَحداتُ قياس دَرَجةِ الحرارة تشمَلُ درجات **سِلْسِيُوس** (°س) و**فَرِنْهَيت** (°ف) و**كَلْفِن** (ك) المُبَيَّنَ بعضُ دَرجاتِها المُتكافِئة أدناه. في **دَرجةِ الصِّفر المُطلَق** (صِفْر ك)، جُسَيماتُ المادَّةِ لا تَهْتَزُّ مُطلَقًا، لكِنَّها في كُلِّ دَرجاتِ الحرارةِ الأُخرى ذاتُ حَرَكةٍ من مُسْتَوًى مُعَيَّن. **حالةُ المادَّة** تتحَدَّدُ بدَرَجةِ حرارتِها؛ فمُعْظَمُ الموادِّ يُمكِنُ أن تتواجَدَ كجامِدٍ (أُنْظُر ص ٢٤ و٢٥)، أو سائلٍ (أُنْظُر ص ٢٦ و٢٧)، أو غاز (أُنْظُر ص ٢٨ و٢٩). إذا تماسَّتْ مادَّتانِ مُتَبايِنَتا دَرجةِ الحرارة فإنَّ جُسَيماتِهما تَتَقاسَمُ مُجْمَلَ الطاقةِ فيما بَيْنها؛ ويَنْتِجُ عن ذلك انتِقالُ الحرارةِ بالتوصيل حتّى تتساوى دَرجتا حرارةِ المادَّتَيْن. ويُمكِنُ بطَريقَةِ التوصيلِ هٰذِه صَهْرُ مادَّةٍ جامِدة؛ وفي هذه الحال تُدعى الحرارةُ اللّازِمة لعمليَّة التَّحَوُّل، **الحرارةَ الكامِنَة**. في الوَسَط المائع تَنْتقِلُ الحرارةُ **بالحَمْلِ** مع أجزائه الصاعدةِ الأسخنِ والأقَلِّ كثافَةً. كذلك يُمكِنُ انتِقالُ الحرارةِ **بالإشعاع**، فتتحَوَّلُ الطاقةُ الحراريَّةُ إلى إشعاعٍ كَهْرُمِغْنَطيسيٍّ (أُنْظُر ص ٣٨ و٣٩)، لا يَحتاجُ انتِقالُه إلى وَسَطٍ مادِّيٍّ.

مَدَى دَرَجات الحرارة RANGE OF TEMPERATURES

حوالى ١٤ مليون ك (١٤ مليون°س): مَرْكَزُ الشَّمْس
About 14 million K (14 million °C, 25 million °F): Centre of the Sun

٣٠٠٠٠ ك (٢٩٧٢٧°س): صاعِقةٌ برقيَّةٌ مُتوسِّطة
30,000K (30,000°C, 54,000°F): Average bolt of lightning

٥٨٠٠ ك (٥٥٣٠°س): سَطْحُ الشَّمْس
5,800K (5,530°C, 10,000°F): Surface of the Sun

٣٣٠٠ ك (٣٠٢٧°س): تُلْحَمُ الفِلِزّات
3,300K (3,027°C; 5,480°F): Metals can be welded

١٨٠٨ ك (١٥٣٥°س): نُقطةُ انصِهار الحديد
1,808K (1,535°C, 2,795°F): Melting point of iron

٩٣٣ ك (٦٦٠°س): لَهَبُ الغازِ الطَّبيعيّ
933K (660°C, 1,220°F):Natural gas flame

٦٠٠ ك (٣٢٧°س): نُقطةُ انصِهار الرَّصاص
600K (327°C, 620°F): Melting point of lead

٥٢٣ ك (٢٥٠°س): يحترِقُ الخَشَب
523K (250°C, 482°F): Wood burns

٤٥٧ ك (١٨٤°س): يشتَعِلُ الوَرَق
457K (184°C, 363°F): Paper ignites

٣٧٣,١٥ ك (١٠٠°س): نُقطةُ غَلَيان الماء
373.15K (100°C, 212°F): Boiling point of water

٢٧٣,١٥ ك (صِفر°س): نُقطةُ تجَمُّد الماء
273.15K (0°C, 32°F): Freezing point of water

١٨٤ ك (- ٨٩°س): أدنى درجةِ حرارةٍ سُجِّلَتْ على الأرض
184K (-89°C, -128°F): Earth's lowest temperature

٧٣ ك (- ٢٠٠°س): يَسيلُ الهواء
73K (-200°C, -328°F): Air liquifies

٣٣١ ك (٥٨°س): أعلى درجةِ حرارةٍ سُجِّلَتْ على الأرض
331K (58°C, 136°F): Earth's highest temperature

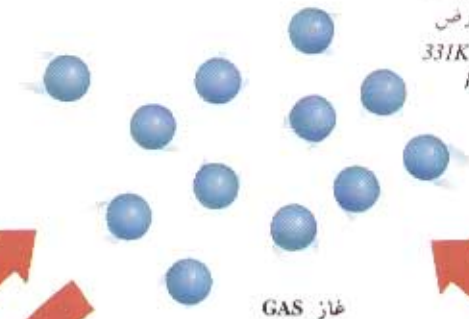
٢٣٤ ك (- ٣٩°س): نُقطةُ تجَمُّد الزئبق
234K (-39°C, -38.2°F): Freezing point of mercury

صِفْر ك (- ٢٧٣,١٥°س): درجة الصِّفر المُطلَق
0K (-273.15°C, -459.67°F): Absolute zero

مَقاييسُ درجاتِ الحرارة TEMPERATURE SCALES

جميعُ مَقاييسِ درجات الحرارة، ما عدا مِقياسَ كَلْفِن (ك)، لها درجةُ حرارةٍ مُرْجِعيَّتانِ أو أكثَرُ، كدَرَجتَي غليانِ الماء وانصِهارِ الجليد. وهاتانِ الدرجتان ثابِتتان في الظروف المُحَدَّدة.

حالاتُ المادَّة STATES OF MATTER



الغاز GAS

الطاقةُ الحراريَّةُ المُسَلَّطةُ على سائلٍ تُحَرِّرُ جُسَيماتِه من قُوَى تماسُكِها فتتحَوَّلُ إلى غاز. كذلك، إذا انتُزِعَتْ طاقةٌ من الغاز بالتبريد، بالقدر الكافي، فإنَّه يتكثَّفُ إلى سائل.

سائلٌ فائقُ التبريد SUPERCOOLED LIQUID

تتخِذُ جُسَيماتُ السَّائلِ الفائقِ التبريد مواقِعَ ثابِتَةً كجُسَيماتِ الجامِد، لكِنَّها غَيْرُ مُنْتَظِمةٍ ولا يُمكِنُ تَسْمِيَتُها جامِدًا حَقيقيًّا. السَّوائلُ الفائقةُ التبريد تَسْري بِبُطْءٍ شَديد، وليس لها نُقْطَةُ انصِهارٍ مُحَدَّدة.

السَّائل LIQUID

جُسَيماتُ السَّائل لا تَشْغَلُ مواقِعَ ثابِتَةً كجُسَيمات الجامِد؛ لكِنَّها ليستْ طليقَةً تمامًا كما هي الحالُ في الغازات. فجُسَيماتُ السَّائلِ يَنْسابُ بَعْضُها فوقَ بعضٍ بحيثُ يُمكِنُ لِلسَّائل، بمَجموعِه، الانْسِيابُ.

الجامِد SOLID

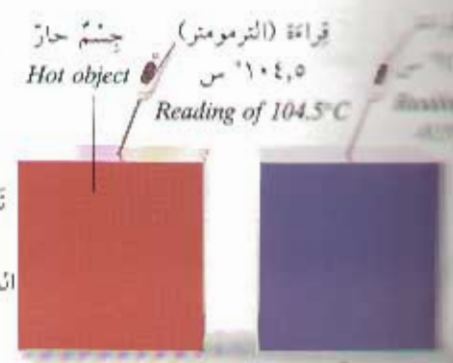
جُسَيماتُ الجامِد عادةً لا يتحَرَّكُ بعضُها بالنِّسْبة إلى بعضِها الآخر، فهي حُرَّةٌ فقَطْ في الاهتِزاز حَوْلَ مَوقِعٍ ثابت. المُدخَلُ الطاقيُّ يُفَكِّكُ الروابطَ بين جُسَيمات الجامِدِ فيَنْصهِرُ.

مُساواةُ درجاتِ الحَرارة EQUALIZATION OF TEMPERATURES

أجسامٌ على دَرَجاتٍ مُختلِفة من الحَرارة OBJECTS AT DIFFERENT TEMPERATURES

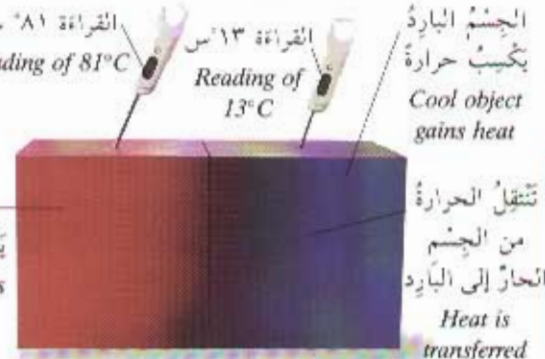
المُتباينةُ دَرَجةِ الحرارة، لَها طاقاتٌ حَرَكيّةٌ

الجِسْمَيْن أدناه مُؤشِّرٌ على دَرَجةِ حرارتِهما.



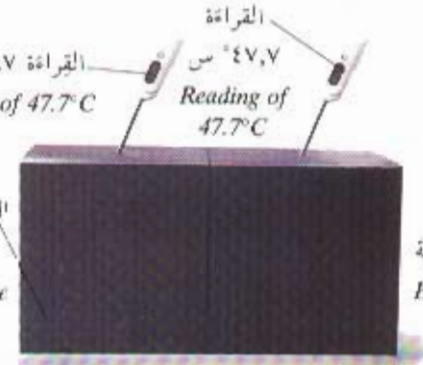
انتِقالُ الحَرارة TRANSFER OF HEAT

عندما يُقَرَّبُ جِسْمان مُتَباينا درجةِ الحرارة حتّى يتماسّا، يجري بينَهما انتِقالٌ لِلطاقةِ على شَكْلِ حرارةٍ. هنا، الجِسْمانِ السّاخنُ والبارِدُ مُتَماسّان.



تَساوي درجَتَي الحرارة EQUAL TEMPERATURES

أخيرًا، يُصبِحُ مُعَدَّلُ الطاقاتِ الحركيّةِ لِلجُسَيْمات في الجِسْمَيْن المُتَماسّيْن مُتساويًا. فيُقالُ حينئذٍ إنَّ دَرَجَتَي حرارةِ الجِسْمَيْن مُتساويتان، كما هو مُبَيَّنٌ أدناه.



جِسْمان مُتَماسّان BLOCKS IN CONTACT

جِسْمان مُتباعِدان BLOCKS SEPARATED

لا انتِقالَ إضافيًّا لِلحرارة NO FURTHER HEAT TRANSFER

تَمثيلٌ جُزَيْئيّ MOLECULAR VIEW

تَمثيلٌ جُزَيْئيّ MOLECULAR VIEW

تَمثيلٌ جُزَيْئيّ MOLECULAR VIEW

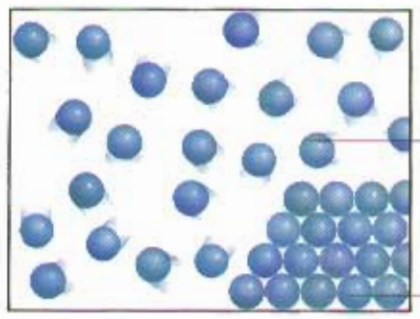
الحرارةُ الكامِنة LATENT HEAT

تَسْخينُ المادّة HEATING A SUBSTANCE

انتِقالُ الحَرارة من لَهَبٍ حامٍ إلى مادّةٍ أبرَدَ يُمكِنُ أن يَصْهَرَها. فترتفِعُ دَرَجةُ حرارة المادّة (هنا، الشّمْعين) مع انتِقالِ مَزيدٍ من الطاقة، حتّى تبلُغَ نُقْطةَ الانصِهار.

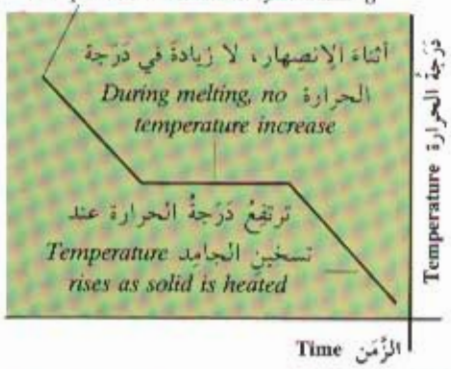
انصِهارُ المادّة MELTING A SUBSTANCE

الطاقةُ المُزَوِّدةُ، على نُقطةِ الانصِهار، تُسَخِّرُ لِكَسْرِ الترابُطِ والتَّجاذُبِ بينَ الجُسَيْمات، مُحَوِّلةً كُلَّ الجامِدِ إلى سائلٍ. قبلَ أن تَعودَ دَرَجةُ الحرارة إلى الارتفاع ثانيةً. هذه الطاقةُ المُزَوَّدةُ لِتحقيقِ عمليّةِ الانصِهار تُدعى حَرارةً كامِنة.



الانصِهار MELTING

ترتفِعُ دَرَجةُ الحرارة بَعْدَ الانصِهار
Temperature increases after melting



مُخَطَّطٌ بيانيّ لِلانصِهار GRAPH TO SHOW MELTING

انتِقالُ الحرارة بالإشعاع TRANSFER OF HEAT BY RADIATION

الجِسْمُ، على دَرَجةِ حرارة الغُرفة، يَنْبَعِثُ إشعاعًا - يُدعى الإشعاعَ دُونَ الأحمر؛ والجِسْمُ الحارُّ، كالمِصباح المُبَيَّن أدناه، يَنْبَعِثُ كَمِّيّةً كبيرةً من هذا الإشعاع. الأشِعّةُ دونَ الحمراء يُمكِنُها تَسْخينُ الأجسامِ الأخرى؛ والجِسْمُ الحارُّ يَبْرُدُ بِفقدانِه الطاقةَ كإشعاع.

الإشعاع RADIATION

الجوامِد

ذرَّاتُ الجامِد مُتَلازَّةُ التراصّ مِمّا يُكسِبُ الجوامِدَ **كثافةً** أكثَرَ من كثافة مُعْظَمِ السوائل وجميعِ الغازات. وتَعودُ جُسُوءَةُ الجامِد إلى التَّجاذُب القويّ بين ذرَّاته. فقُوَّةُ الشَّدّ المُسَلَّطةُ على الجامِد قد تُحَرِّكُ ذرَّاتِه بعضَها بعيدًا عن بَعض فتُوَلِّدُ قُوَّةً مُضَادَّةً تدعى **التَّوتُّر**. كذلك إذا سُلِّطَتْ قُوَّةُ دَفْعٍ على الجامِد، فإنَّ ذرَّاتِه قد تتلازُّ معًا، مُوَلِّدةً **انضِغاطًا**. وتؤثِّرُ دَرَجةُ الحرارة أيضًا (أُنْظُر ص ٢٢ و٢٣) في طبيعةِ الجامِد. فعندما ترتفِعُ دَرَجةُ حرارتِه، تَكسِبُ جُسَيماتُه **طاقةً حَرَكيَّةً**، فتتعاظَمُ ذَبذبتُها (اهتِزازُها) ويُؤدي ذلك إلى **تَمَدُّدٍ حراريّ**. الجوامِدُ في مُعْظَمِها **مُتبلِّرة** – تَنْتَظِمُ ذرَّاتُ الواحِد منها في واحدٍ من سَبْعةِ أنماط مُنتظِمةٍ تكراريَّة (أُنْظُر أدناه). أمَّا **الجوامِدُ اللَّامُتبلِّرةُ**، كالزُّجاج، فلا تتألَّفُ من بلَّورات ويُمكِنُ صوغُها في أيِّ شَكْل. عندَ إبعادِ ذرَّاتِ الجامِد بعضِها عن بعض بالشَّدّ، يَزْدادُ طُولُ الجامِد تبعًا لِلقُوَّة المُسَلَّطةِ (طَرْديًّا)، ولِسُخانة المَقْطع (عكسيًّا). لكنْ عند زوالِ المُؤثِّر يَسْتعيدُ الجامِدُ وضعَه السابق، ويُدعى ذلك **بالمُرونة**.

قُضبانُ السِّكَّةِ الفُولاذيَّةُ STEEL RAILS

تَمَدُّدُ الجامِدِ بِارتفاع دَرَجةِ الحرارة يُسَبِّبُ آخِدِيداب قُضبانِ السِّكَّة الحديديَّة في طَقْسٍ حارّ (كما ترى أدناه). ولِتَفادي ذلك، تُتْرَكُ فجواتٌ بين الواحد والآخر من قُضبانِ السِّكَّةِ تَسْمَحُ بتَمَدُّدِها دونَ آخِدِيداب.

وُصْلَةُ تَمَدُّد
Expansion joint

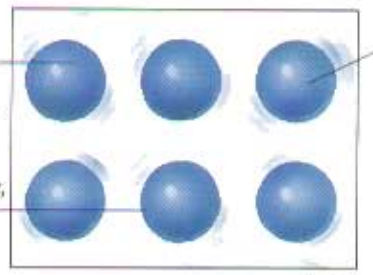
يَمُرُّ القِطارُ بِسَلاسَة فوقَ الوُصْلَة القُطْرِيَّة
Train can pass smoothly over diagonal joint

التَّمَدُّدُ الحراريّ THERMAL EXPANSION

ذرَّاتُ الفِلزِّ تَكسِبُ طاقة
Metal atoms gain energy

بازدياد دَرَجة الحرارة يتزايدُ الاهتِزاز
The higher the temperature, the greater the vibration

اهتِزازٌ حَوْلَ نُقطةٍ ثابتة
Vibration around fixed point



تَمثيلٌ بَيانيّ MICROSCOPIC VIEW

يشُدُّ قضيبُ الفُولاذ ضِدَّ الكُتْلةِ الجامِدةِ السَّانِدة
Steel rod pushes against rigid block

مِقْياسُ المِيكرومِتر يُسَجِّلُ زيادةً ضئيلةً في الطُّول
Micrometer measures small increase in length

قضيبٌ فُولاذيٌّ رفيع
Thin steel rod

قامِطَة
Clamp

لَهَبٌ غازيّ
Gas flame

حَارُوقُ بُنْزِن
Bunsen burner

قامِطَة
Clamp

تَجرِبةٌ تُبَيِّنُ ظاهرةَ التَمَدُّدِ الحراريّ
EXPERIMENT TO SHOW THERMAL EXPANSION

عند تَسْخينِ المادَّة تَكسِبُ ذرَّاتُها طاقةً حَرَكيَّة. وهذا في الجوامِد يَزيدُ من اهتِزازِ الذرَّات بعيدًا عن مَواقِعِها الثابتةِ فيَحْدُثُ التَمدُّد. في الاختبار أدناه، يُسَخَّنُ قضيبٌ فولاذيٌّ رفيع بلَهَبٍ غازيّ، ويُقاسُ التَمَدُّدُ الناتجُ بالمِيكرومتر (المِقياسِ الصُّغريّ).

مَعالِمُ خارجيَّةٌ مُمَيِّزة
EXTERNAL FEATURES

تَتحدَّدُ الأنظمةُ البِلَّوريَّةُ السَّبْعة بأشكالِها الخارجيَّة – التي تُناظِرُ فِعلًا ترتيبَ الذرَّاتِ داخلَ البِلَّورات. ويُدعى الترتيبُ الأساسيُّ المُتكرِّرُ في البِلَّورة **الخليَّةَ الوَحْديَّةَ** أو **خليَّةَ الوَحْدَة** فيها.

الأنظمةُ البِلَّوريَّةُ السَّبْعة THE SEVEN CRYSTAL SYSTEMS

خَليَّةُ الوَحْدةِ في كُلِّ نِظام بِلَّوريٍّ ذاتُ شَكْلٍ مُعَيَّنٍ مُتَمَيِّز، تُحَدِّدُهُ مَحاورُ افتِراضيَّةٌ يُشَكِّلُها وَصلُ جُسَيماتِ الخليَّة بَعْضِها إلى بعض. وتُؤلِّفُ مجموعةُ الخلايا الوَحْديَّة نَسَقًا بِلَّوريًا.

النِّظامُ المُكَعَّبيّ CUBIC SYSTEM

ذرَّاتُ النِّظامِ المُكَعَّبيّ مُتَساويةُ التَّباعُد، والزاويةُ بينَ كُلِّ المَحاوِرِ في الخليَّة المُتكرِّرة هي دائمًا ٩٠°.

زاوية ٩٠°
90° angle

المَحاورُ مُتَساوية
Axes equal

النِّظامُ الرُّباعيّ TETRAGONAL SYSTEM

جميعُ الزوايا داخلَ الخليَّة تُساوي ٩٠°، واثنان من المَحاور الثلاثة (المُبَيَّنةِ بالأسود) مُتساويان طُولًا.

مِحْوران مُتَساويان
Two axes equal

النِّظامُ المُعَيَّنيّ ORTHORHOMBIC SYSTEM

جميعُ الزوايا داخلَ الخليَّة تُساوي ٩٠°، لكنَّ أطوالَ المَحاورِ الثلاثة (المُبَيَّنةِ بالأسود) غيرُ مُتَساوية.

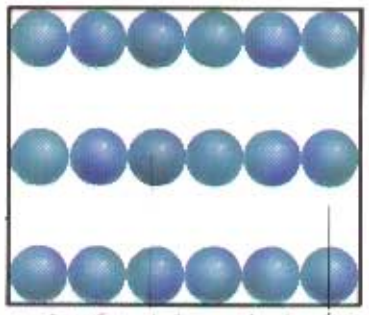
مَحاورُ غيرُ مُتَساوية
Axes unequal

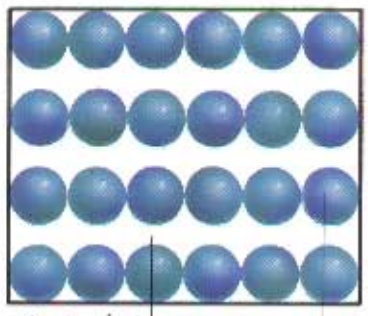
الجوامِدُ تَمْتَطُّ بِفِعْلِ التَوَتُّر
SOLIDS EXTEND UNDER TENSION

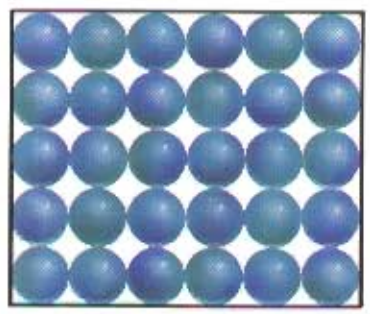
ذرّاتُ المَطّاط تحتَ تَوَتُّرٍ أشَدّ
ATOMS IN RUBBER UNDER GREATER TENSION

ذرّاتُ المَطّاط تحتَ تَوَتُّر
ATOMS IN RUBBER UNDER TENSION

الذرّاتُ في المطّاطِ غير المَمطول
ATOMS IN UNEXTENDED RUBBER







شَريحةٌ مَطّاطيّة عَريضة
Thick rubber strip

الشّريحةُ أعرضُ مَرّتَين من الشّريحةِ الأرفع
Strip is twice as thick as thin strip

طُولُ الشّريحةِ المَطّاطيّةِ الآن ١٧ سم
Rubber strip now has length of 17 cm

تَمْتَطُّ الرّوابطُ بينَ الذرّات إلى مَدًى أبعَد
Bonds between atoms extend further

ذرّاتُ المَطّاط تَتباعَد
Atoms in rubber move apart

القُوّةُ الأشَدُّ كثيرًا قد تَفصِمُ الرّوابط
Much larger force would break bonds

تَمْتَطُّ الرّوابطُ بينَ الذرّات
Bonds between atoms extend

ذرّاتُ المَطّاط تَتباعَد
Atoms in rubber move apart

طولُ شريحة المَطّاط الآن ١٩ سم
Rubber strip now has length of 19 cm

شَريحةٌ مَطّاطيّة
Rubber strip

طولُ الشّريحة ١٥ سم
Length of strip 15 cm

خَطٌّ يُبَيِّنُ الطُّولَ الأصليَّ لِلشريحة المَطّاطيّة
Line showing original length of rubber strip

طولُ شريحةِ المَطّاط الآن ١٧ سم
Rubber strip now has length of 17 cm

كُتْلَةٌ ٢ كغ (وَزْن ٢٠ ن)
2 kg mass (weight 20 N)

إمتِدادُ ٢ سم
Extension 2 cm

إمتِدادُ المَطّاط ٤ سم
Extension of rubber 4 cm

إمتِدادُ المَطّاط ٢ سم
Extension of rubber 2 cm

القُوّةُ الأشَدُّ كثيرًا قد تَقْطَعُ الشّريحة
Much larger force would break the material

حامِلٌ خَشَبيّ أُفُقيّ
Wooden support

مِشْبَكُ خُطّافيّ
Hook

تَجرِبَةٌ لِاختِبارِ المُرُونة
EXPERIMENT TO TEST ELASTICITY

المادّةُ المَرِنَةُ جامِدٌ يَمْتَطُّ عند التوَتُّر، وَيَنْقَبِضُ (يَنْكَمِشُ) عند الإنضِغاط، ثُمّ يعودُ إلى وَضعِه الأصليّ عندَ زوالِ القُوّة المُؤثّرة. جميعُ الجوامِدِ غيرُ اللّاشكليّة هي، إلى حَدٍّ ما، جوامِدُ مَرِنة. هذه التّجربةُ، التي تختَبِرُ إمتِدادِيّةَ المَطّاط تحت دَرَجاتٍ مُختلِفة من التوَتُّر، تُبَيِّنُ أنّ مُضاعفةَ التوَتُّر تُضاعِفُ الإمتِداد.

كُتْلَةُ ١ كغ (وَزْن ١٠ ن)
1 kg mass (weight 10 N)

كُتْلَةُ ٢ كغ (وَزْن ٢٠ ن)
2 kg mass (weight 20 N)

مِساحةُ المَقْطَعِ العَرضي
CROSS-SECTIONAL AREA

مِساحةُ المَقْطَعِ العَرضيّ لِلمادّة هي عامِلٌ آخَرُ من العوامِلِ ذاتِ العَلاقَةِ بِالمُرُونة. فشريحةُ المَطّاط الأعرضُ (أعلاه) تَمْتَطُّ أقَلَّ من الشّريحة الأرَقّ (فوق إلى اليمين) تحتَ تأثيرِ القُوّةِ المُؤثّرةِ نَفْسِها.

لا تُساوي أيٌّ من الزوايا الثلاث ٩٠°
None of the three angles is 90°

لا مَحاورَ مُتَساوية
No axes equal

لا تُساوي أيٌّ من الزوايا الثلاث ٩٠°
None of the three angles is 90°

كُلُّ المَحاورِ مُتَساوية
All axes equal

زاوية ١٢٠°
120° angle

مِحْوَرانِ مُتَساويان
Two axes equal

زاوية ٩٠°
90° angle

مَحاورُ غير مُتَساوية
Axes unequal

زاوية ٩٠°
90° angle

النِّظامُ الثُّلاثيُّ المَيْل TRICLINIC SYSTEM
لا يَلْتَقي أيُّ مِحْورَيْن بزاوية ٩٠°. ولا يَتَساوَى طولًا أيُّ اثنين من المَحاورِ (المُبَيَّنةِ بالأسود).

النِّظامُ الثُّلاثيُّ المتماثِل TRIGONAL SYSTEM
لا يَلْتَقي أيُّ مِحْورَيْن بزاوية ٩٠°. أطوالُ المَحاورِ كُلُّها مُتَساوية.

النِّظامُ السُّداسيّ HEXAGONAL SYSTEM
تُشَكِّلُ المَحاورُ زوايا ١٢٠° وَ ٩٠°. واثنان من المَحاورِ (المُبَيَّنةِ بالأسود) مُتَساويان طولًا.

النِّظامُ الأحاديُّ المَيْل MONOCLINIC SYSTEM
[illegible] من مَحاور الخليّة يَلْتَقيان بزاوية ٩٠°. ولا [illegible] طولًا أيُّ اثنين من المَحاور (المُبَيَّنةِ بالأسود).

السَّوائل

السَّوائل، بِخِلاف الجَوامِد، تَنسابُ، وهيَ تَتَّخِذُ حجمًا مُحدَّدًا دون شكلٍ مُحَدَّد. فتتحَرَّكُ جُسَيماتُها مُستقِلَّةً إلى حَدٍّ كبيرٍ عن بعضها، لكِنَّها لَيستْ طليقةً كَجُسَيمات الغاز. تعملُ قُوَى تَجاذُب، تدعى قُوَى **التَّماسُك** بين جُسَيماتِ السَّائل؛ فتُحدِثُ **توتُّرًا سَطْحيًّا** يَظْهَرُ في تكوُّر قَطَراتِ السَّائل. إذا خُفِّضَ التوتُّرُ السَّطْحيُّ لِلماء، بإذابة الصابون فيه، فيُمكِنُ لِلجُيوب الهوائيَّةِ في الماء مَطُّ سُطوحِها إلى فيلم رقيق مُكوِّنةً فقاقيعَ. قُوَى التَّجاذُب بين جُسَيمات السَّائلِ والمادَّة المُلامِسَةِ له تُدعى قُوَى **الالتِصاق**. والتوازُنُ بين قُوَى التَّماسُك والالتِصاق يُؤدِّي إلى **الفِعْلِ الشَّعريّ**، وإلى تكوُّنِ **السُّطوحِ الهِلاليَّةِ** بين السَّائل والوِعاءِ الذي يَحتويه. السَّوائلُ تبذُلُ ضَغْطًا على جُدران الوعاءِ الذي يحتويها وعلى كُلِّ جِسْم يُغْمَرُ فيها. ويُؤثِّرُ هذا الضغطُ في جميع الاتِّجاهات، ويَتَزايدُ مع العُمق، مُنْتِجًا **دَفْعًا عُلْويًّا** على الجِسْم المَغْمُور؛ ويَظْفو الجِسْمُ إذا تَلَقَّى من الدَّفْعِ العُلْويِّ ما يُعادِلُ وزنَه.

LIQUID DROPS AND BUBBLES قَطَراتُ السَّائل والفَقاقيع

COHESIVE FORCES قُوَى التَّماسُك

لا تؤثِّرُ قُوَى مُحَصِّلَةٌ على أيِّ جُسَيم داخِلَ السَّائل، لأنَّ قُوَى التَّماسُكِ تنشُدُ بالتساوي في جميع الاتِّجاهات. لكنَّ أيَّ جُسَيمٍ على سَطْحِ السَّائل يتعرَّضُ لِقُوَّةٍ مُحَصِّلَةٍ تَشُدُّه إلى الدَّاخل؛ وهذا يُسَبِّبُ التوتُّرَ السَّطْحيَّ الذي يُكَوِّنُ القَطَرات والفقاقيع؛ وبالطبع فإنَّ قَطَرةَ الماء على سَطْحٍ جامِدٍ تَتَفَلْطَحُ قليلًا بِفِعْلِ الجاذبيَّة الأرضيَّة.

قُوَى التَّماسُك تعمَلُ (بالتساوي) في جميع الاتِّجاهات

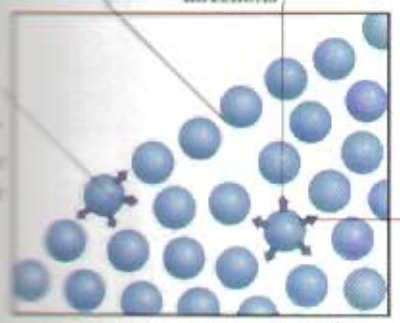
Cohesive forces act in all directions

سَطْحُ القَطْرةِ المُقَوَّس

Curved surface of drop

جُسَيمٌ داخلَ السَّائل

Particle within liquid



التوتُّرُ السَّطْحيّ SURFACE TENSION

توتُّرٌ سَطْحيّ

Surface tension

فُقّاعةُ صابونٍ كُرَويَّةٌ SPHERICAL SOAP BUBBLE

قَطْرةُ ماءٍ على سَطح WATER DROP ON A SURFACE

LIQUIDS IN TUBES السَّوائلُ في أنابيب

الخاصَّةُ الشَّعريَّة (الفِعلُ الشَّعريّ) CAPILLARY ACTION

يَلصَقُ الماءُ بالزُّجاج؛ وهذا الالتِصاقُ يَرْفَعُ الماءَ صُعُدًا في أُنبوبٍ زُجاجيٍّ فيما يُعْرَفُ بظاهرةِ الفِعلِ الشَّعْري (أو الخاصَّة الشَّعريَّة).

إرتفاعُ الماءِ في الأنبوب الضَّيِّق أعلى مِنه في الأنبوب الأوسَع، لأنَّ وزنَ عمودِ الماء يَزدادُ بازدياد المَقْطَع العَرضيّ

Water is lifted higher in a narrow tube than in a wide one because the narrow column of water weighs less

أنبوبٌ شعريٌّ ضَيِّق قُطره ٠,٥ ملم

Narrow 0.5mm capillary tube

أنبوبٌ زُجاجيّ قُطره ٤ ملم

4mm diameter glass tube

أنبوبٌ زُجاجيّ قُطره ٥ ملم

5mm diameter glass tube

مُستوى الماء

Water level

مُستوى الماء

Water level

مُستوى الماء

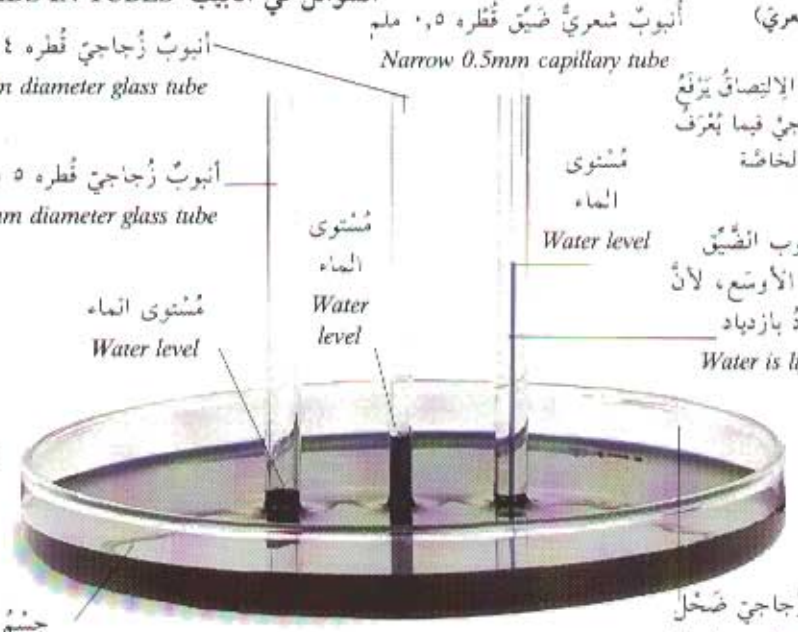
Water level

طَبَقٌ زُجاجيّ ضَحْل

Shallow glass dish

جِسْمُ السَّائل

Body of liquid



MENISCUS السَّطْحُ الهِلالِيّ (الهِلالة)

تَتَشَكَّلُ هِلالةٌ (في الأنبوب الضيِّق) حيث يلتقي السَّائلُ بِسَطْحٍ جامِد. ويَعتمِدُ شَكْلُ السَّطْحِ الهِلاليّ على التوازُنِ بين قُوَى التَّماسُك والالتِصاق.

DOWNWARD MENISCUS سَطْحٌ هِلاليٌّ مُقَعَّر

أُنبوبٌ ضَيِّق

Narrow tube

سَطْحُ الهِلالةِ مُقَعَّرٌ لأنَّ الالتِصاقَ يَفوقُ التَّماسُك

Downward meniscus forms because adhesion is stronger than cohesion

ماء

Water drop

زُجاج

Glass

UPWARD MENISCUS سَطْحٌ هِلاليٌّ مُحَدَّب

أُنبوبٌ ضَيِّق

Narrow tube

سَطْحُ الهِلالةِ مُحَدَّبٌ لأنَّ التَّماسُكَ يَفوقُ الالتِصاق

Upward meniscus forms because cohesion is stronger than adhesion

زِئبَق

Drop of mercury

زُجاج

Glass

جُزَيئاتُ الزُّجاج

Molecules of the glass

قُوَى الالتِصاق تَشُدُّ الماءَ صُعُدًا

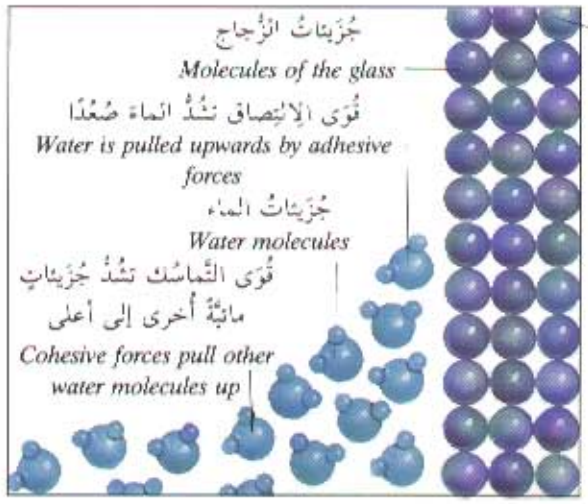
Water is pulled upwards by adhesive forces

جُزَيئاتُ الماء

Water molecules

قُوَى التَّماسُك تَشُدُّ جُزَيئاتِ مائيَّةً أُخرى إلى أعلى

Cohesive forces pull other water molecules up



جِدارُ الأُنبوب الزُّجاجيّ

Wall of glass tube

تَمثيلٌ جُزَيئيّ MOLECULAR VIEW

قُوَى الالتِصاقِ والتَّماسُك بين جُسَيمات الزُّجاج وجُسَيمات الماءِ تُسَبِّبُ الفِعلَ الشَّعريّ. هذا، جُزَيئاتُ الماء تَلْصَقُ بالزُّجاج فترفَعُ قُوَّةُ الالتِصاق الماءَ الحافِيَّ صُعُدًا على الزُّجاج. كذلك فإنَّ قُوَى التَّماسُك بين جُزَيئاتِ الماء تجعَلُ الماءَ الحافِيَّ المَرفوع يرفَعُ بدورِه جُزَيئاتٍ مائيَّةً أبعَدَ عن حافَّة الزُّجاج.

PRESSURE INCREASES WITH DEPTH الضَّغْط يزداد العُمق

الضغط في أيّ موقع في سائلٍ يعتمدُ على وَزْن كميّة السائل فوق ذلك الموقع. لذا يَزدادُ ضَغطُ السائل بِازدياد العُمق. في التَّجربة المُبيّنة أدناه، تُسحَبُ الماءُ من خزّانٍ كبير عبرَ ثُقوب مُتباينة الأعماق.

يُقاسُ ضَغْطُ السَّائل بالنيوتن على المِتر المُربَّع (ن م$^{-2}$)
The pressure of a liquid is measured in newtons per square metre (Nm^{-2})

الضَّغْطُ الجَويُّ فوقَ سَطح الماء يُساوي ١٠٠٠٠٠ ن م$^{-2}$
Atmospheric pressure above the water's surface is 100,000 Nm^{-2}

مِقياسُ ضَغْط
Pressure gauge

خَزّانٌ لدائنيٌّ شَفّ
Clear plastic tank

الضَّغْطُ على عُمق ٠,١ م يُساوي ١٠١٠٠٠ ن م$^{-2}$
Pressure at 0.1m depth is 101,000 Nm^{-2}

إنسيابُ الماء نَضيحٌ ضئيل
Only a dribble of water escapes

يَندفقُ الماءُ بسُرعة
Water escapes quickly

الضَّغْطُ على عُمق ٠,٢ م يُساوي ١٠٢٠٠٠ ن م$^{-2}$
Pressure at 0.2 m depth is 102,000 Nm^{-2}

الضَّغْطُ على عُمق ٠,٣ م يُساوي ١٠٣٠٠٠ ن م$^{-2}$
Pressure at 0.3m depth is 103,000 Nm^{-2}

إندفاقُ الماء أسرعُ وأشَدّ
Water escapes very quickly

ماءٌ مُلَوَّن
Coloured water

UPTHRUST ON IMMERSED OBJECTS الدَّفْعُ العُلْويُّ على الأجسام المَغمُورة

تَضغطُ السَّوائلُ على الأجسام المَغمُورة فيها، مِمّا يُنتِجُ قُوَّةً مُحَصِّلةً إلى أعلى تُدعى الدَّفْعَ العُلْويّ. وهذا الدَّفْعُ يُساوي وَزْنَ السَّائل المُزاح بالجِسْم المَغْمُور. هنا، كُتْلَةُ ١ كغ (تَزِنُ ١٠ ن في الهواء) تُزيحُ من الماء وَزْنًا يُساوي ١,٢ ن. لِذا، فإنّ الوزنَ الظاهريَّ لِلكُتْلةِ المَغمُورةِ هو ٨,٨ ن (١٠-١,٢) ن.

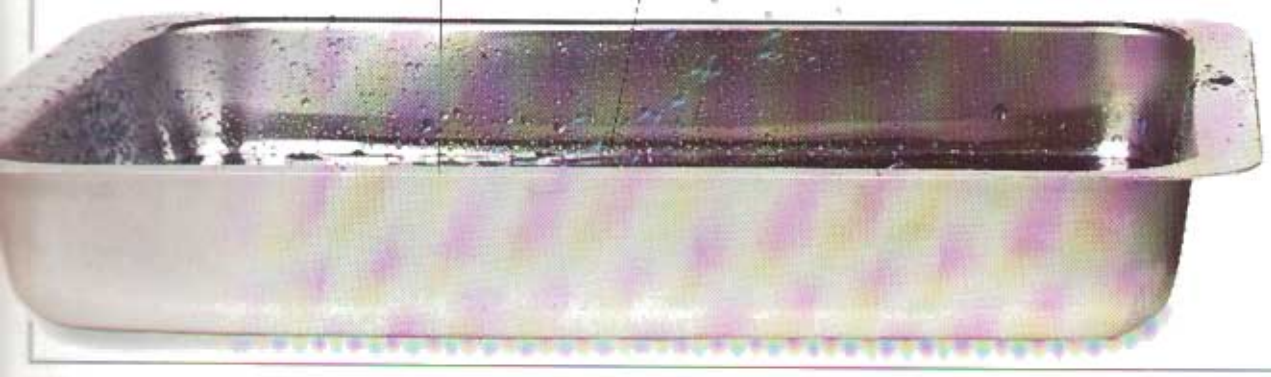
UPTHRUST AT WORK الدَّفْعُ العُلْويُّ مُطبَّقًا

إذا كانَ الدَّفْعُ العُلْويُّ على الجِسْم يَفوقُ وَزْنَه، فإنّ الجِسْمَ يَطْفو. السُّفُنُ المَعدنيَّةُ الضَّخمةُ تَطْفو لأنّ شَكْلَها مُصَمَّمٌ بحيثُ يُزيحُ كمّياتٍ ضَخمةً من الماء لِتَحصُلَ على دَفْعٍ عُلْويٍّ ضَخْم.

قُوَّةُ دَفْعِ الماء إلى أعلى تُساوي الدَّفْعَ السُّفليَّ أي وَزْنَ السَّفينة
Upthrust force from the water equals the downward force of the ship's weight

THE WATER JETS نَوافيرُ الماء

نَوافيرُ الماء المُنْسابةُ من الخزّان تَتكسّرُ قَطَراتٍ أثناءَ سُقوطِها. وعندَ خُفوتِ أندِفاع النّافورة، يُجمِّعُ التوتُّرُ السَّطحيُّ الماءَ قَطَراتٍ، تُبقيها قُوى التّماسُكِ كُرَويّةً تقريبًا. وعند سُقوطِ القَطَراتِ في الحَوْضِ تَنْسابُ وتتجمّعُ بُريكةً. ويكونُ سَطْحُ البُرْكةِ مُسَطَّحًا وأُفُقيًّا بتأثير الجاذبيّة الأرضية.

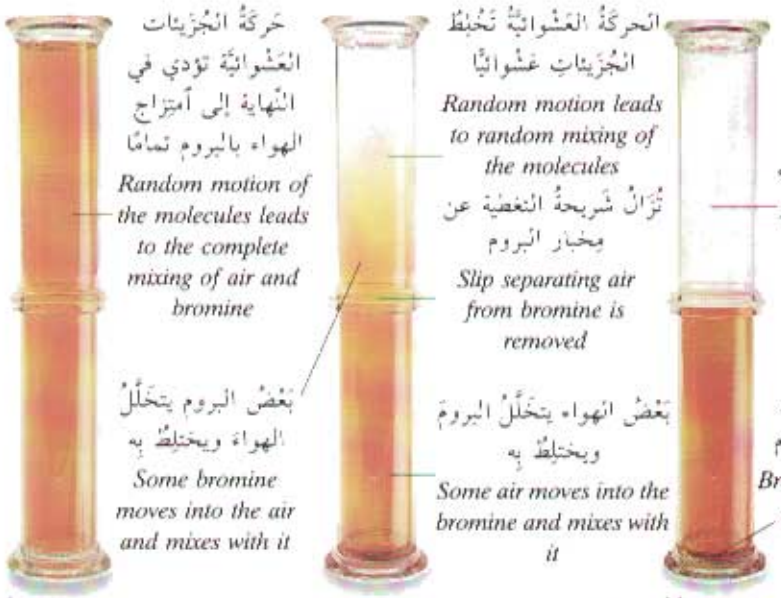


الغازات

جُسَيماتُ الغاز - **ذرّاتُه أو جُزَيئاتُه** - مُستقِلَّةٌ عَشْوائيَّةُ الحَرَكة؛ فلا يَتَّخِذُ الغازُ شَكْلًا مُعَيَّنًا ولا حَجْمًا ثابتًا، بل تَشغَلُ الكُتلةُ المُعَيَّنةُ منه كاملَ **حَجْم** الوِعاء الذي يَحتويها. جُسَيماتُ الغاز أسرعُ حَرَكةً منها في السَّوائل والجَوامِد، فإذا اجتمعَ غازانِ في حَيِّزٍ، سُرعانَ ما يمتزِجان تمامًا **بالانتِشار**. وتَزدادُ سُرعةُ جُسَيمات الغازِ بارتفاع **دَرجة الحرارة** (أُنْظُر ص ٢٢ و٢٣). اِصطِدامُ الجُسَيماتِ المُستَمِرُّ بجُدرانِ الوعاءِ يُحدِثُ **ضَغْطًا** (أُنْظُر ص ١٠ و١١). هنالكَ ثلاثةُ قوانينَ بَسيطةٍ تحكُمُ سُلوكَ الغازات، هي قانون بُويْل وقانون الضَّغْط وقانون شارْل، يُحدِّدُ كُلٌّ واحدٍ منها علاقةً بين ضَغْطِ الغاز وحَجْمِه ودَرجةِ حرارته.

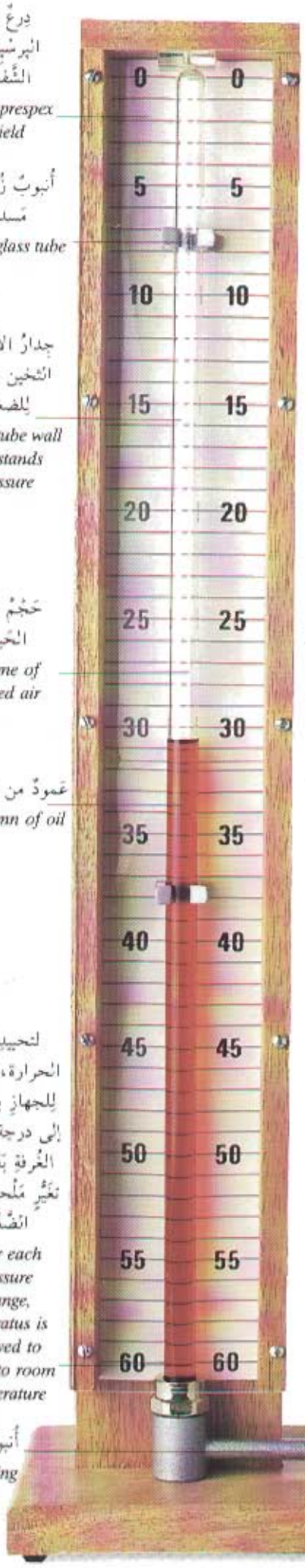
إنتِشارُ الغازات DIFFUSION

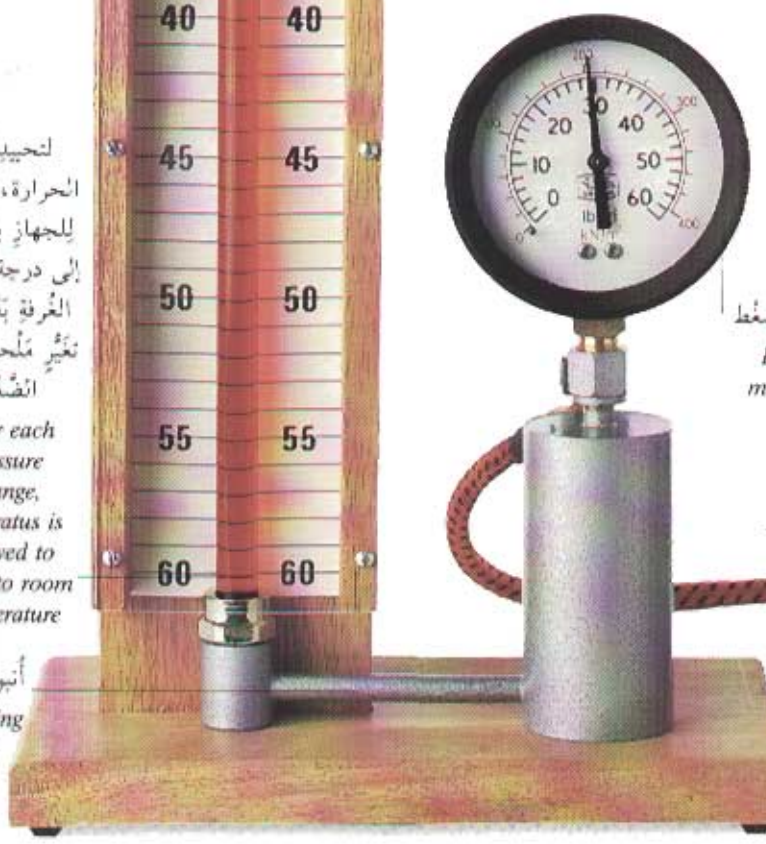
الحَرَكةُ العَشْوائيَّةُ لجُسَيماتِ الغاز تَجْعَلُ أيَّ غازَيْن يَتَقاسَمان وعاءً واحدًا يَمْتَزِجان تمامًا؛ ويُعْرَفُ هذا بالانتِشار. ففي التَّجْربة أدناه، قُنِّيَ مِخبارٌ مَليءٌ بالهواء فوقَ مِخبارٍ مُغَطًّى مليءٍ بِبُخار البروم (غاز ثقيل سامّ).



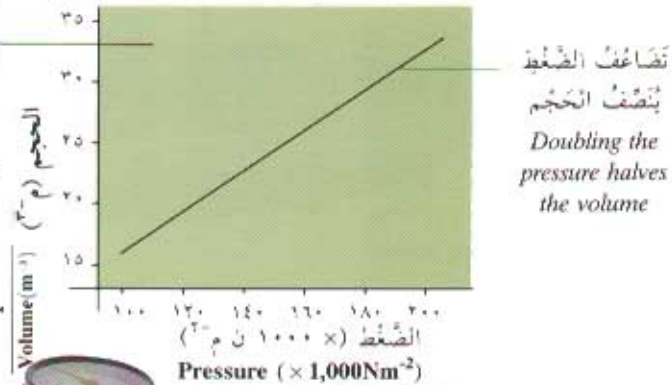
قانون بُويْل BOYLE'S LAW

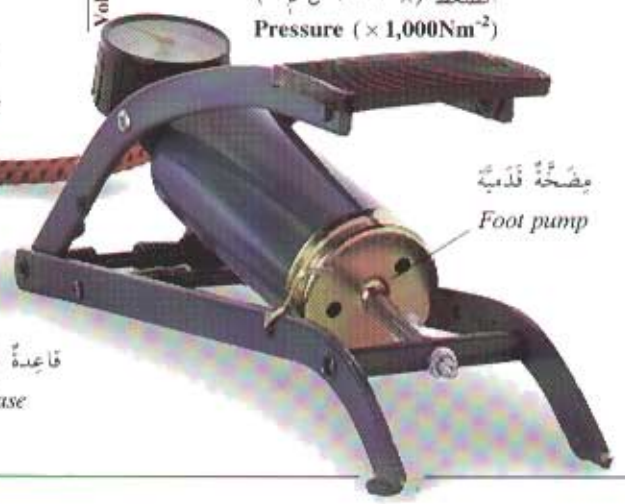
على دَرجةِ حرارةٍ ثابتة، يَتَناسَبُ حَجْمُ كُتْلةٍ ثابتةٍ من الغاز عَكْسيًّا مع الضَّغْط - أي إذا ازدادَ الضَّغْطُ على الغاز فإنَّ حَجْمَه يَقِلُّ بالنِّسْبة ذاتِها. والجهازُ المُدَرَّجُ (إلى اليسار) يُبَيِّنُ ذلك عمليًّا. تُستخدَمُ مِضَخَّةٌ قَدَميَّةٌ لِضَخِّ عَمودٍ من الزَّيت في أُنبوبٍ مُحْكَم السَّدّ، فيتقلَّصُ حَجْمُ الغاز مُنحصِرًا في القِسْم الأعلى من الأُنبوب.





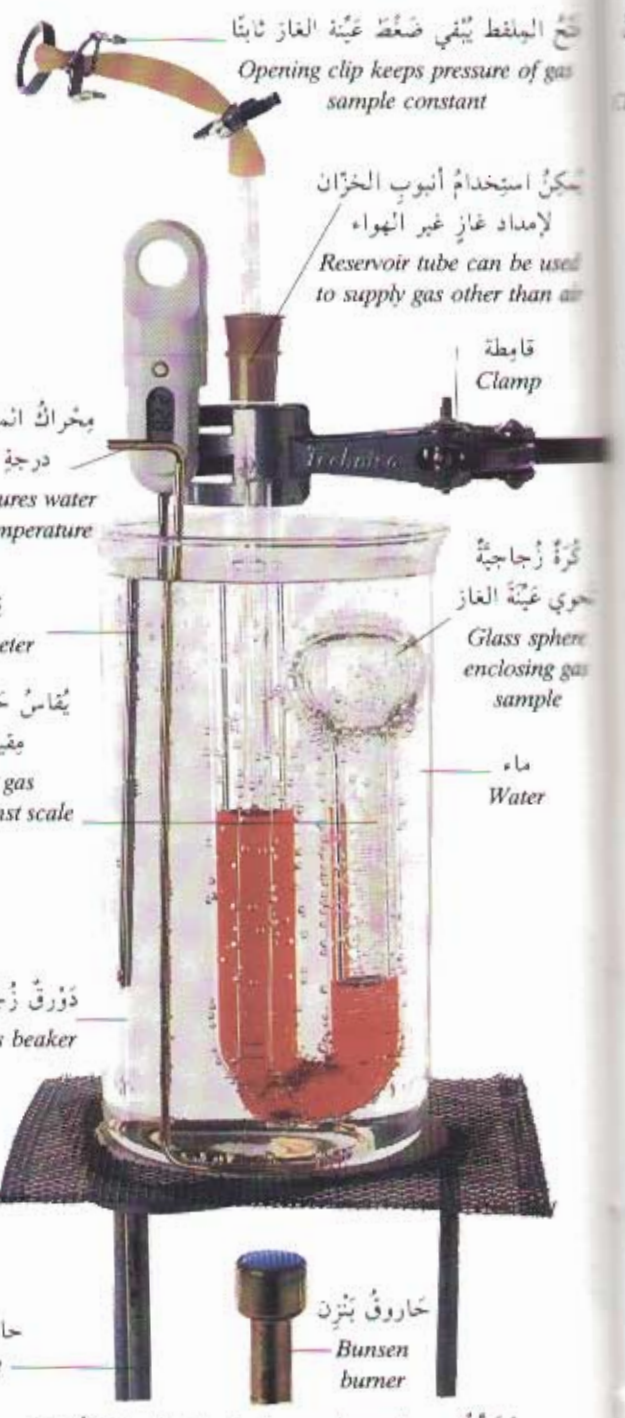
مُخَطَّطُ بَيانيّ بِقِراءاتِ الضَّغْط والحَجْم المُسَجَّلة
GRAPH OF PRESSURE AND VOLUME READINGS





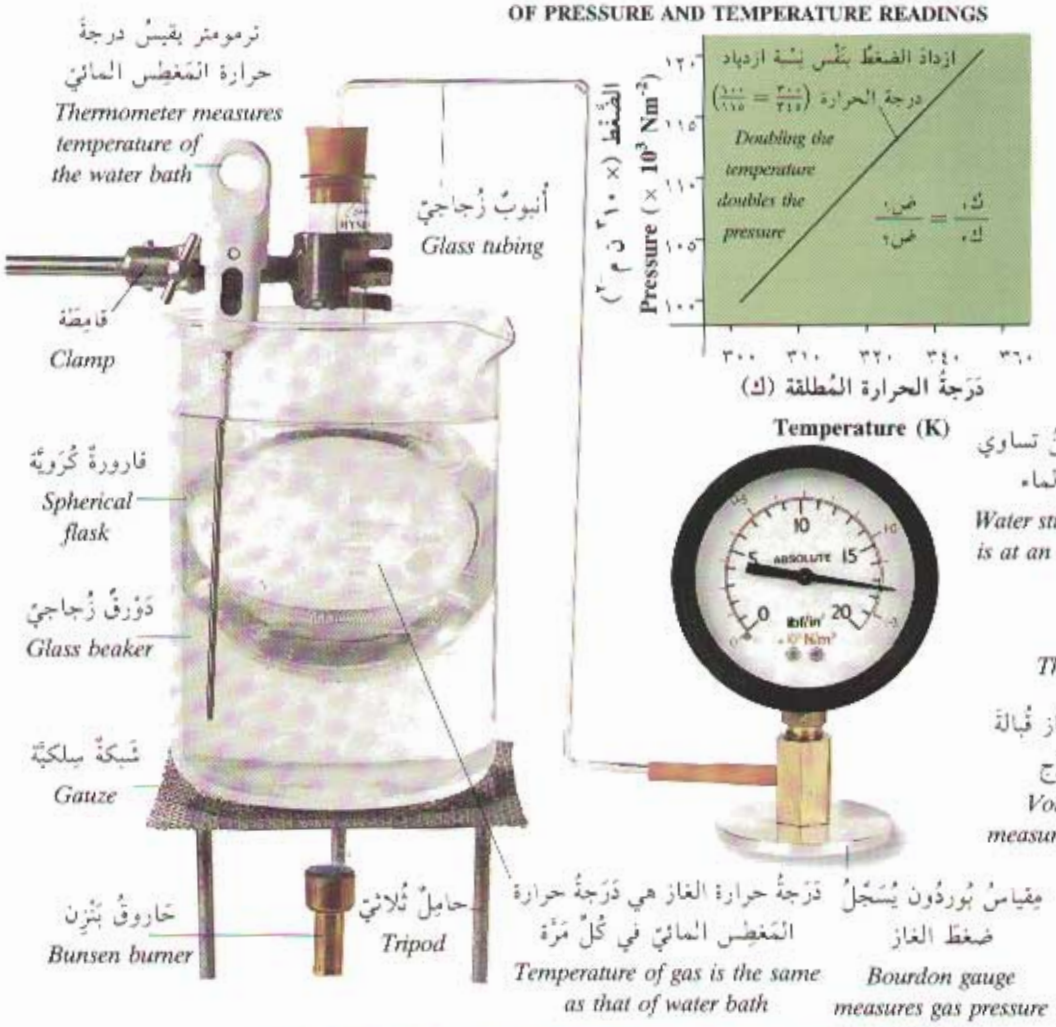
قانونُ شارْل CHARLES' LAW

في حال ثُبوتِ الضَّغْط، يتناسَبُ حَجْمُ كتلةٍ ثابتةٍ من الغاز مع دَرَجة الحرارة المطلقة. أي يَزْدادُ حَجْمُ الغاز بنَفْس نِسْبةِ ازدياد دَرَجة الحرارة المُطلقة. يُمكِنُ برهنةُ قانون شارْل هذا بالجهاز المُبيَّن. تُسخَّنُ كُتْلةٌ من الغاز في مَغطِسٍ مائيّ، ويُقاسُ ضَغْطُ الغاز على دَرَجاتِ حرارةٍ مُتباينة، ثُمَّ تُرسَمُ النتائجُ بيانيًّا – فتقعُ النُّقطُ على خطٍّ مُستقيم. (أي إنَّ نِسْبةَ الضغط إلى درجةِ الحرارة المُطلقة ثابتة).



قانونُ الضَّغْط PRESSURE LAW

ضَغْطُ حَجْمٍ ثابتٍ من الغاز يتناسَبُ طَرْديًّا مع دَرَجة الحرارة المُطْلَقة. ويُمكِنُ برهنةُ قانونِ الضَّغْط هذا بالجهاز المُبيَّن. تُسخَّنُ كُتْلةٌ من الغاز في مَغطِسٍ مائيّ، ويُقاسُ ضَغْطُ الغاز على دَرَجاتِ حرارةٍ مُتباينة، ثُمَّ تُرسَمُ النتائجُ بيانيًّا – فتقعُ النُّقطُ على خطٍّ مُستقيم. (أي إنَّ نِسْبةَ الضغط إلى درجةِ الحرارة المُطلَقة ثابتة).

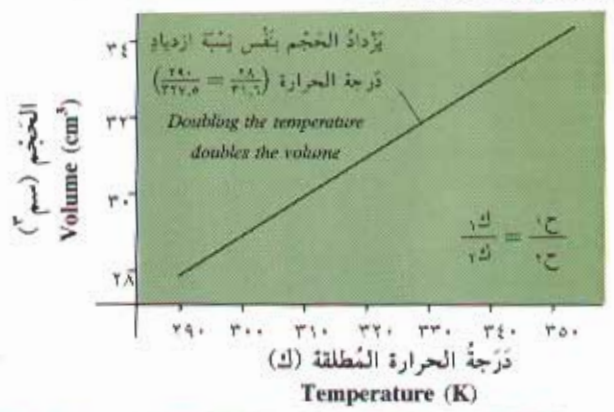


مُخطَّطٌ بيانيٌّ لِنتائج الضغط على درجات الحرارة المُتباينة GRAPH OF PRESSURE AND TEMPERATURE READINGS

مُنْطادُ الهواء السَّاخن – تطبيق على قانون شارْل HOT-AIR BALLOON - CHARLES' LAW IN ACTION

يُسخَّنُ الهواءُ في غِلافِ مُنْطادِ الهواء الساخن بواسطةِ حَاروقٍ غازيّ. وبِارتفاع دَرَجةِ الحرارة، يتمدَّدُ الغازُ وَفقًا لِقانون شارْل، فيُفلِتُ بعضُ الهواء السَّاخن تدريجيًّا عَبْرَ فُتْحَة الغلاف السُّفْليّة. ولأنَّ لِلهواءِ كُتْلةً (وبالتالي وَزْنًا)، فإنَّ وَزْنَ المُنْطادِ يقِلُّ باستمرارٍ أنفِلات الغاز من غلافِه (دُونَما نَقْص في حجم المُنْطاد). وحينما يُصبِحُ الدَّفْعُ العُلويّ لِلهواء المُحيط على المُنطاد أكثرَ من وَزنِه الإجمالي – بعدَ فَقدِ القدر الكافي من مُحتواه الهوائي، يرتفعُ المُنْطادُ صُعُدًا.

مُخَطَّطٌ بيانيٌّ لنتائج الحجم على دَرجات الحرارة المُتباينة GRAPH OF TEMPERATURE AND VOLUME READINGS

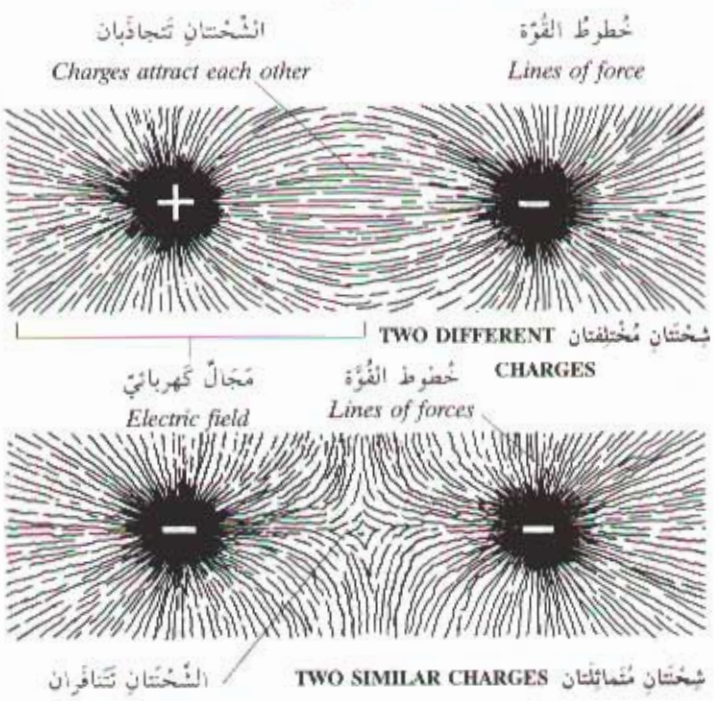


الكَهْرباءُ والمِغْنَطيسيَّة

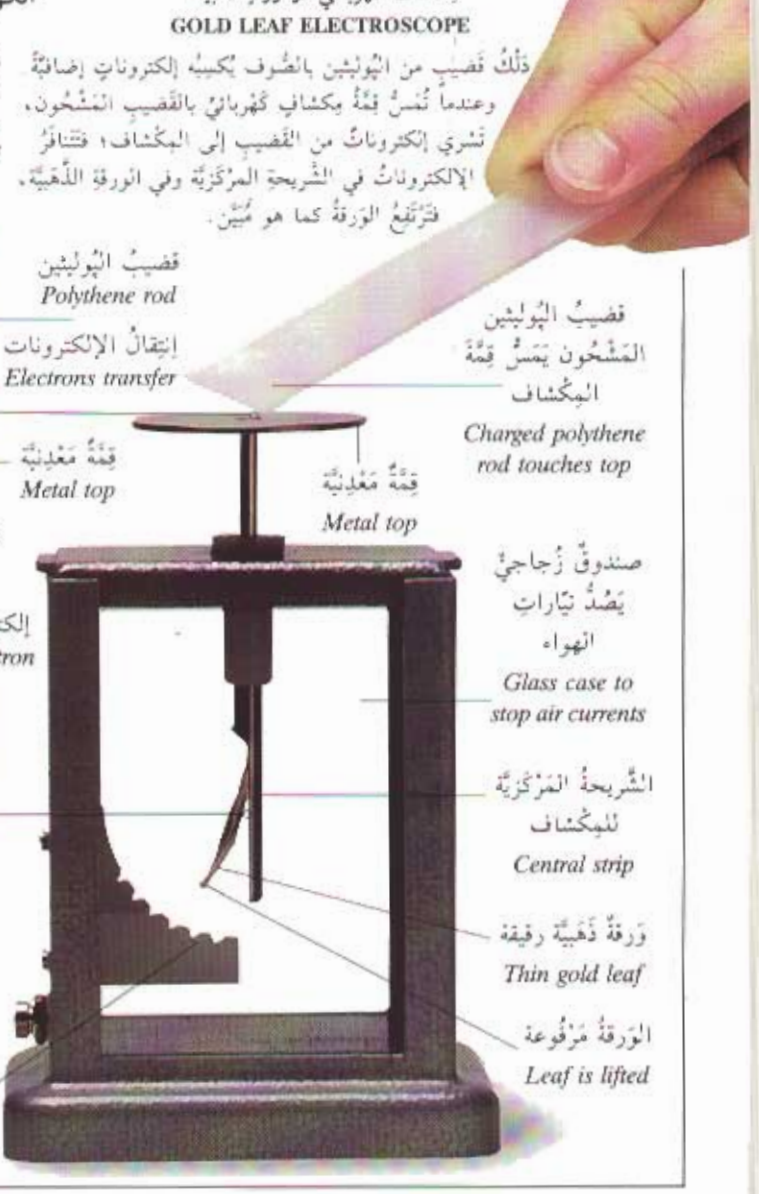
جميعُ الظواهرِ والتأثيرات الكَهربائيَّة سببُها **شِحْناتٌ كهربائيَّة**. وهذه الشِّحناتُ على نوعَيْن مُوجِبةٍ وسالِبة، تتأثَّرُ فيما بينها بقُوًى **كَهْرُستاتيَّة**. **والمَجالُ الكهربائيُّ** هو المِنْطقةُ التي تُؤثِّرُ ضِمْنَها تلك القُوَى. **البروتوناتُ** في الذرَّة تَحْملُ شِحناتٍ مُوجِبةً، بينما شِحنةُ **الإلكترونات** سالِبةٌ (أُنْظُر ص ٤٨ وَ٤٩). أمَّا **الذرَّةُ** نَفْسُها فهي عادةً مُتَعادِلَةٌ، إذ تحوي عددًا مُتَساويًا من كُلِّ شِحْنة. لكنْ يُمكِنُ لِلذرَّة اكتِسابُ بعضِ الإلكترونات أو فَقْدُها، مثلًا بالدَّلْك، لِتُصبحَ ذرَّةً مَشْحُونةً أو **أيُونًا**. يُمكِنُ مُداومةُ توليد الأيُونات بمُوَلِّدِ ڤان دي غراف. كما إنَّ أيُوناتِ الجِسْمِ المَشْحُونِ قد تتسبَّبُ في شَحْنِ جِسْمٍ مُجاور في عمليَّةٍ تُدعى **الحَثَّ أو التَّحريض**. الكهربائيَّةُ والمِغْنَطيسيَّةُ تَتماثلانِ في عِدَّةِ أوْجُه (أُنْظُر ص ٣٤ وَ٣٥). فخُطوطُ المَجالِ الكهربائيِّ بين الشِّحْناتِ الكهربائيَّة، مثلًا، (إلى اليَسار) تَتَّخِذُ الشَّكْلَ نَفْسَه كخُطوطِ القُوَّة المِغْنَطيسيَّة (أُنْظُر الجهةَ المُقابلة)، بحيثُ إنَّ المجالاتِ المِغْنَطيسيَّةَ والكهربائيَّةَ مجالاتٌ مُتكافِئَة. يتألَّفُ الحديدُ من نُطَقٍ صُغْرِيَّةٍ مُمَغْنطةٍ تُدعى **مَجالات**. وإذا ما تراصفَتْ تلك النُّطقُ في قطعة من الحديد وتسامتَتْ في اتِّجاهٍ مُوَحَّد فإن تلك القِطعة تُصبحُ مِغْنَطيسًا.

المَجالاتُ والقُوى الكَهربائيَّة ELECTRIC FIELDS AND FORCES

الشِّحْناتُ المُتماثِلَةُ تَتنافَر، والشِّحْناتُ المُتَباينَةُ تَتجاذَب. ويُمثِّلُ المَجالُ الكهربائيّ بمَجْموعةٍ من خُطوطِ القُوى، كما هو مُوَضَّحٌ أدناه.



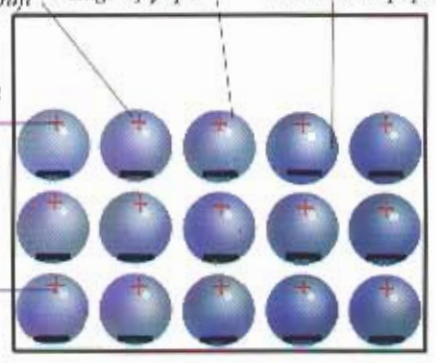
الكَهربائيَّةُ السَّاكِنَة STATIC ELECTRICITY



ذلكَ قَضيبٌ من البُولِيثين بالصُّوف يُكسِبُه إلكتروناتٍ إضافيَّةً. وعندما تُمَسُّ قِمَّةُ مِكْشافٍ كَهربائيٍّ بالقَضيبِ المَشْحُون، تَسْري إلكتروناتٌ من القَضيبِ إلى المِكْشاف؛ فتَتنافَرُ الإلكتروناتُ في الشَّريحةِ المَرْكَزيَّة وفي الوَرقةِ الذَّهَبيَّة، فتَرْتَفِعُ الوَرقةُ كما هو مُبَيَّن.

الحَثُّ (التحريض) INDUCTION

عند تَقريبِ جِسْمٍ مَشْحُونٍ، كَقضيبِ البوليثين، من مَوادَّ أُخرى، كَقُصاصاتِ الوَرَق، تتسبَّبُ القُوَى الكَهْرُستاتيَّة بإزاحةِ الشِّحْناتِ داخِلَ المادَّة بالحَثِّ فتُزاحُ شِحْناتُ القُصاصاتِ السَّالبةُ بحيثُ تُصبحُ حَوافُّها القريبةُ من القضيبِ مُوجِبةَ الشِّحْنة فتَلْتصِقُ به تجاذُبًا مع شِحْنتِه السَّالبة.



الحَثُّ في قُصاصةِ الوَرَق INDUCTION IN PAPER

انتِقالُ الشِّحْنات TRANSFER OF CHARGE

VAN DE GRAAFF GENERATOR مُولِّدُ فانْ دي غراف

GENERATION OF IONS تَوليدُ الأيُونات

مُوَلِّدُ فانْ دي غراف يَفْصِلُ الإلكتروناتِ من ذرّاتِ سَيْرٍ مُتَحَرِّكٍ. فَيَحْمِلُ السَّيْرُ الأيُوناتِ المُوجِبَةَ المُتَوَلِّدَةَ إلى أعلى لِتَكْسِبَ إلكتروناتٍ من ذرّاتِ القُبَّةِ المَعْدِنِيَّةِ؛ فَيُصبِحُ المَجالُ الكَهْرَبائيُّ حَوْلَ القُبَّةِ قَوِيًّا جِدًّا.

تَقْفِزُ الإلكتروناتُ من الأجسامِ المَعْدِنِيَّةِ لِتُعادِلَ الأيُوناتِ المُوجِبَةَ في القُبَّةِ وتبدو في مَسارِها كالشَّرر

Electrons jump from metal objects, neutralizing positive ions in the dome, and appear as a spark

قُبَّةٌ مَعْدِنِيَّة
Metal dome

تَبْلُغُ القُلْطِيَّةُ عَشَراتِ أُلوفِ القُلْطات
Voltage of tens of thousands of volts

حامِلٌ مَعْدِنِيّ
Metal support

حامِلٌ لَدائِنِيّ لِلقُبَّة
Plastic support for dome

سَيْرٌ يُدارُ بِمُحَرِّكٍ كهربائيّ
Belt driven by electric motor

وَحْدةُ القاعدة تَضُمُّ مُحَرِّكًا
Base unit containing motor

القُبَّةُ المَعْدِنِيَّة
Metal dome

مَلايينُ الأيُوناتِ المُوجِبَة
Millions of positive ions

جِسْمٌ مَعْدِنِيٌّ قُرْبَ من القُبَّة
Metal object brought near dome

اتِّجاهُ دَورانِ السَّيْر
Rotation of belt

دُولابُ البَكَرَة
Pulley wheel

السَّيْرُ المُوجِبُ الشَّحْنَةَ يَنْتَزِعُ الإلكتروناتِ من القُبَّةِ عَبْرَ مِشْطٍ مَعْدِنِيّ، فيُكسِبُ القُبَّةَ شِحْنَةً مُوجِبَة
Positively charged belt strips negative charges (electrons) from dome via metal comb, giving dome a positive charge

عَمودٌ عازِلٌ يَمْنَعُ سُروبَ الشَّحْنة
Insulating column prevents charge leaking away

السَّيْرُ المَطّاطيُّ المُتَحَرِّكُ يَكْسِبُ شِحْنَةً مُوجِبَة
Moving rubber belt gains a positive charge

صَفيحةٌ مَعْدِنِيَّةٌ سالِبةُ الشَّحْنة
Negatively charged metal plate

مِشْطٌ مَعْدِنِيٌّ مُوجِبُ الشَّحْنة يَنْتَزِعُ الشَّحْنةَ السّالِبة (الإلكتروناتِ) من السَّيْر
Positive metal comb strips negative charges (electrons) from belt

دُولابُ البَكَرَة
Pulley wheel

تَوصيلةٌ بِمَوردٍ كهربائيّ مُوجِب
Connection to positive electrical supply

اتِّجاهُ دَورانِ السَّيْر
Rotation of belt

تَوصيلةٌ بِمَوردٍ كهربائيّ سالِب
Connection to negative electrical supply

MAGNETISM المِغْنَطيسيَّة

MAGNETIC FIELDS AND FORCES المَجالاتُ والقُوى المِغْنَطيسيَّة

بُرادةُ الحديد
Iron filings

شَكْلُ المَجالِ المِغْنَطيسيّ
Profile of magnetic field

قُطْبٌ جَنُوبيّ (القُطْبُ الباحِثُ عن الجَنوب)
South-seeking pole

قُطْبٌ شَماليّ
North-seeking pole

لِكُلِّ مِغْنَطيسٍ طَرَفان أو قُطْبان
Every magnet has two ends or poles

قَضيبٌ مِغْنَطيسيّ
Bar magnet

القُطْبانِ المُتَماثِلان يَتَنافَران
Like poles repel

القُطْبانِ المُتَعاكِسان يَتَجاذَبان
Opposite poles attract

قُطْبٌ شَماليّ (القُطْبُ الباحِثُ عن الشَّمال)
North-seeking pole

MAGNET DOMAINS مَجالاتُ المِغْنَطيس

إتِّجاهُ المَغْنَطةِ عَشْوائيٌّ داخِلَ المَجال
Direction of magnetization within domain is random

مَجال (نِطاقٌ صُغْرِيّ)
Domain

حَدُّ المَجال
Domain boundary

حَديدٌ غَيْرُ مُمَغْنَط
UNMAGNETIZED IRON

إتِّجاهُ المَغْنَطةِ داخِلَ المَجالِ مُتَساوٍ
Direction of magnetization within domain has aligned

المَجالاتُ المُتَساوِيَةُ المَغْنَطةِ تَنامى
Domain aligned with magnetization has grown

المَجالاتُ اللّامُتَساوِيَةُ المَغْنَطةِ تَنكَمِشُ
Domain not aligned with magnetization has shrunk

إتِّجاهُ المَغْنَطةِ الإجماليّ
Direction of overall magnetization

حَديدٌ مُمَغْنَط
MAGNETIZED IRON

MAGNETIC COMPASS البُوصَلةُ المِغْنَطيسيَّة

رُوّادُ الفَلَواتِ والبَحّارةُ يَستخدمون البُوصَلاتِ المِغْنَطيسيَّةَ لِتحديدِ مَسارِهم. فإبْرَةُ البُوصَلة تتساوَقُ مع مَجالِ الأرضِ المِغْنَطيسيّ مُتَّجِدَةً دائمًا اتِّجاهًا شَماليًّا جَنوبيًّا؛ ويُعْتَقَدُ أنَّ مِغْنَطيسيَّةَ الأرضِ ناتِجةٌ عن تَيّاراتٍ كَهْربائيَّة في لُبِّها الحديديّ المَصْهور.

الإبْرَةُ مُعَلَّقةٌ في مائع
Needle is suspended in fluid

إبْرَةُ البُوصَلة مِغْنَطيسٌ صَغيرٌ يَدورُ بِحُرِّيَة
Needle is a small magnet that is free to turn

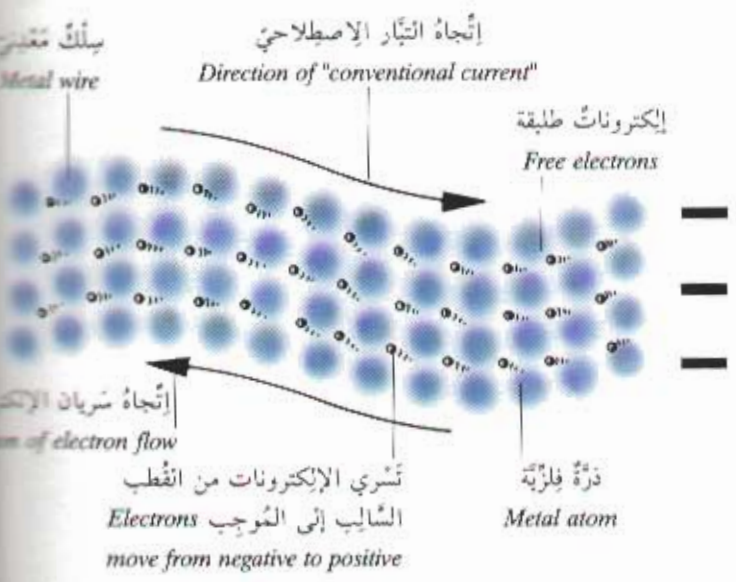
قِراءاتُ الاتِّجاه تُؤخَذُ على هذا المِقياس
Bearing readings are taken from this scale

الدَّاراتُ الكَهْربائيَّة

الدَّارةُ الكَهْربائيَّةُ هي المَسارُ الذي يَسْري فيه **تيَّارٌ كَهْربائيّ**. وهي تتألَّفُ عادةً من مادَّةٍ **مُوصِلةٍ** لِلكَهْرباء، كالفلِزَّات، حيثُ الإلكترونات راخيَةُ الترابُط بذرَّاتها – مِمّا يُيَسِّرُ لها الحَرَكة. **الإلكتروناتُ** تَحْمِلُ شِحْنةً سالبةً، وبالإمكان تَسييرُها في الدارة، كتيّارٍ كهربائيّ، بدَفْعِ **القُوى الكَهْرُستاتيَّة** (أُنْظُر ص ٣٠ وَ٣١). شِدَّةُ القُوَّة الكَهْرُستاتيَّة تُعْرَفُ **بالقُلْطيَّة** وَوَحْدتُها القُلْط (ف). وحركةُ الشِّحْنةِ الكهربائيَّة الناتجةُ تُدعى التيَّارَ الكهربائيّ، ويُقاسُ بالأمبير (أ). وكُلَّما ازدادتِ القُلْطيَّةُ تَزْدادُ شِدَّةُ التيَّار؛ لكِنَّ هذه الشِّدَّةَ تعتمِدُ أيضًا على ثَخانةِ المادَّةِ المُوَصِّلة وطُولِها وطبيعتها ودَرَجةِ حرارتها، وهي العوامِلُ التي تُحدِّدُ **مُقاومَةَ** المادَّةِ لِسَريان التيَّار الكهربائيّ؛ ووَحْدتُها الأوم (Ω). المُوَصِّلاتُ الجيِّدةُ التوصيل ذاتُ مُقاومَةٍ خفيضةٍ – أي إنَّها تُنْتِجُ تيَّارًا كبيرًا بقُلْطيَّةٍ قليلة. في البَطّاريّات، يَنْحَلُّ **إلكترودٌ** فِلزِّيٌّ مُطْلِقًا إلكتروناتٍ تَسْري نحو إلكترودٍ آخَرَ مُكَوِّنةً تيَّارًا كَهْرَبائيًّا.

التيَّارُ الكَهْربائيّ ELECTRIC CURRENT

فَرْقُ الجُهد بين مِنْطَقَتي الشِّحْنات المُوجِبَةِ والسّالبة، كما في طَرَفَي اتوصيل لِلبَطّاريّة. الإلكتروناتِ عَبْرَ المُوَصِّلِ فتَسْري كتيّارٍ كهربائيّ من قُطبِ البطاريّة السّالب إلى المُوجِ سابِقًا، كان يُعْتقد أنّ التيّارَ يَسْري من الطَّرَفِ المُوجِب إلى السّالب. وتستمِرُّ القواعدُ ا العمليَّةُ المَبْنيَّةُ على هذا المَفهومِ كتيّارٍ اصطلاحيّ فقَط.



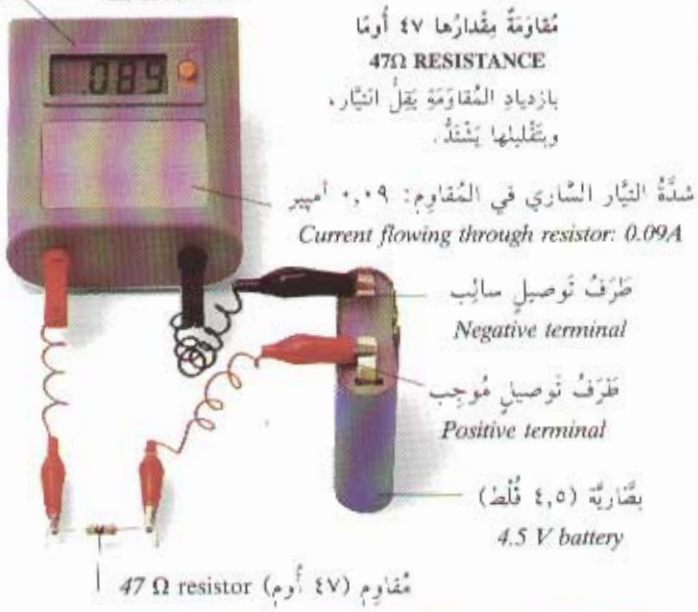
قانون أوم OHM'S LAW

السِّلْكُ الرفيعُ يُقاوِمُ سَريانَ التيّار. وتَزْدادُ المُقاومةُ بازدياد طُولِ السِّلْـ مَقْطَعِه العَرْضيّ. يُمكِنُ أحتِسابُ مُقاوَمةِ المُوَصِّل، حسب قانون أوم، ـ القُلْطيَّةِ على شِدَّة التيّار (أُنْظُر ص ٥٤).

المُقاوَمَة RESISTANCE

مُقاوَمةٌ بِمِقدارُها ٢٢ أومًا 22 Ω RESISTANCE

المُقَوِّماتُ الكَهْربائيَّةُ المُسَمّاةُ مُقاوِمات تُمَكِّنُ من التحكُّم بالتيّارات السّاريَةِ في الدّارات الكهربائيّة. ويُمكِنُ أحتِسابُ شِدَّةِ التيّار السّاري في الدّارة باستِخدام قانون أوم.



مُقاوَمةٌ بِمِقدارُها ٤٧ أومًا 47Ω RESISTANCE

بازدِيادِ المُقاوَمَةِ يَقِلُّ التيّار، وبتَقْليلِها يَشْتَدُّ.

شِدَّةُ التيّار السّاري في المُقاوِم: ٠,٠٩ أمبير
Current flowing through resistor: 0.09A

WORKING ELECTRIC CIRCUIT دارةٌ كَهربائيّة عامِلَة

BULBS IN A CIRCUIT صَمَجاتُ الدّارة

في هذه الدّارة، تُوَلِّدُ بَطّاريّةٌ (جُهْدُها الكهربائيّ ٤,٥ فُلْط) تيّارًا كَهْربائيًّا يَنْقسِمُ أثناءَ سَرَيانِهِ فيها. الصَّمَجاتُ في الدّارة عاليَةُ المُقاوَمَة فَتَسْتَهلِكُ مُعظَمَ طاقةِ الإلكتروناتِ لإنتاجِ طاقةٍ ضوئيّة. الصَّمَجَتانِ الموصولَتانِ على التوالي (واحدةٌ بَعْدَ الأُخرى) تتقاسَمانِ طاقةَ البَطّاريّة.

قِراءَةُ الأَمْيتر ١,٩١ أمبير
Ammeter reads 1.91 A

قِراءَةُ الفُلْطِمِتْر ١,٥ فُلْط
Voltmeter reads 1.5 V

قِراءَةُ الفُلْطِمِتْر ١,٥ فُلْط
Voltmeter reads 1.5 V

صَمَجتان تَتَقاسمان الفُلْطيّة، فتتوهّجان بِنُورٍ خافِت
Two light bulbs share the voltage so glow dimly

صَمَجة (بُصَيلةٌ ضوئيّة)
Light bulb

صَمَجةٌ (بُصَيلةٌ ضوئيّة)
Light bulb

سِلْكُ تَوصيل
Connecting wire

تَنْقسِمُ الدّارةُ إلى اثنَتَيْن - التيّارُ في إحداهما ١,٩١ أمبير، وفي الأُخرى ٢,٦٣ أمبير
Circuit and current divide: 1.91A in one wire and 2.63 A in the other

فُلْطِمِتْر يقيسُ فُلْطيّةَ بَطّاريّةِ الإمداد ٣,١٨ فُلْط
Voltmeter measures supply battery voltage of 3.18 V

قِراءَةُ الأَمْيتر ٤,٥٤ أمبير
Ammeter reads 4.54A

CURRENT التيّار

التيّارُ قياسٌ لِعَدَدِ الإلكتروناتِ التي تَعْبُرُ نُقْطةً مُعَيَّنةً في الثانية. ففي دارةٍ غير مُتَفَرِّعة، تكونُ شِدّةُ التيّار مُتَساويةً في جميع النِّقاط لِعَدَمِ فِقْدانِ الإلكترونات.

طَرَفُ تَوصيلٍ مُوجِب
Positive terminal

مِفْلاد (مِفتاحٌ كَهْربائيّ)
Switch

طَرَفُ تَوصيلٍ سالِب
Negative terminal

بَطّاريّة
Battery

مِشْبَكٌ تِمْساحيّ
Crocodile clip

قِراءَةُ الأَمْيتر ٢,٦٣ أمبير
Ammeter reads 2.63 A

فُلْطِمِتْر يَقرأ فَرْقَ الجُهْد عَبْرَ الصَّمَجة ٢,٩٧ فُلْط
Voltmeter measures voltage of 2.97 V taken by bulb

VOLTAGE الفُلْطيّة

الفُلْطيّةُ هي مِقياسُ قُوّةِ الدَّفْعِ على الإلكترونات. وبزيادةِ هذه القُوّة على الإلكترون، حَوْلَ الدّارة، تَزْدادُ طاقَتُه؛ لذا يُمكِنُ اعتبارُ الفُلْطيّةِ مِقياسًا لِلطاقة أيضًا.

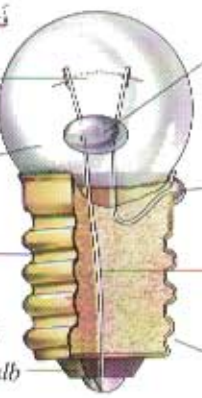
صَمَجةٌ مُفْرِدةٌ تَتَلَقّى فُلْطيّةً كاملةً مِقْدارُها ٢,٩٧ فُلْط. وهي أقَلُّ من ٣,١٨ فُلْط بسببِ فِقدان بعضِ الطاقة في الأسلاك
Single bulb takes full voltage of 2.97 V, this is less than 3.18V because of energy losses in the wires

قابِسٌ مَوزاتيّ
Banana plug

تتوهّجُ الصَّمَجةُ بنُورٍ ساطِع
Bulb glows brightly

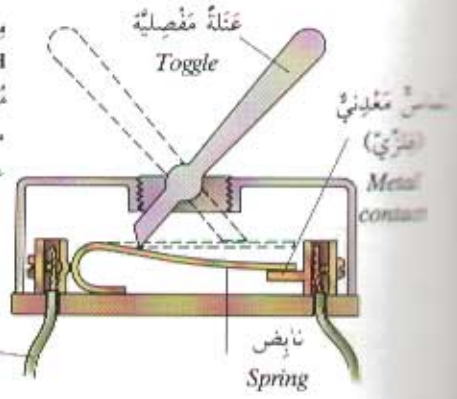
LIGHT BULB صَمَجةٌ (بُصَيلةٌ ضوئيّة)

الصَّمَجاتُ هي إحدى المُقَوِّمات الكَهْربائيّة التي تُسَخِّرُ لنا طاقةَ الإلكترونات المُتَحَرِّكة. فعندما يَسْري تيّارٌ كَهْربائيٌّ في الصَّمَجة، تَسْخُنُ فَتيلَتُها المقاوِمَةُ وتَتوهّج.



SWITCH مِفْلاد (مِفتاحٌ كَهْربائيّ)

مُعظَمُ الدّاراتِ تَشْمَلُ مِفْلادًا من نَمَطٍ مّا. يتألّفُ المِفْلادُ عادةً من قِطَعٍ مَعْدِنيّةٍ يَجري تَماسُّها يُوصِلُ التيّار أو فَصْلُها تَقْطَعه.



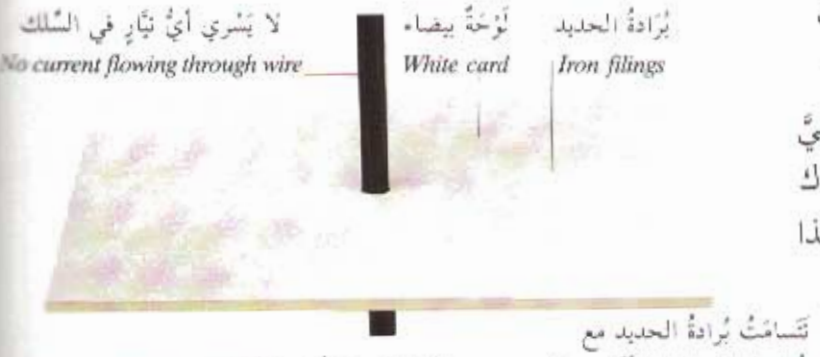
المِغْنطيسيَّةُ الكهربائيَّة (الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة)

التيَّارُ الكهربائيُّ يُنْتِجُ مِغْنَطيسيَّةً لها نفسُ التأثيرِ في بُرادةِ الحديد وإبْرةِ البُوصَلَة كمِغْنطيسٍ عاديٍّ «دائم». وتكونُ «خُطوطُ القُوَّةِ» - أي **المَجال المِغْنطيسيّ** - حولَ السِّلكِ حامِلِ التيّار الكهربائيّ دائريَّةَ الشكل. وتَزدادُ شِدَّةُ هذا المجالِ وتأثيرُهُ إذا لُفَّ السِّلكُ لَفَّاتٍ عديدةً. وإذا لُفَّ المِلَفُّ حلَزونيًّا حولَ قضيبٍ من الحديد المُطاوعِ فيُسَمَّى **مِغْنَطيسًا كهربائيًّا** - حيْثُ يُمَغْنِطُ مَجالُ المِلَفِّ المِغْنَطيسيُّ القضيبَ، فيُعَزِّزُ التأثيرَ المِغْنَطيسيَّ الإجماليّ. المَجالُ المغنطيسيُّ الناتجُ من المجالاتِ المِغْنطيسيَّة لأَسْلاكِ المِلَفّ، شبيهٌ بمَجالِ مِغْنَطيسٍ قَضيبيّ (أُنْظُر ص ٣١). وتعتمِدُ شِدَّةُ هذا المَجال على عَددِ لَفَّاتِ المِلَفّ وعلى شِدَّةِ التيَّار السَّاري فيه.

وتُسْتخدَمُ تطبيقاتُ العَلاقة بين الكَهْرباء والمِغْنطيسيَّةِ في الكثير جدًّا من المَكِنَات والأجهزة كالجَرَس والتلِفون والمُولِّدات والمُحَرِّكاتِ الكهربائيَّة. في المُحَرِّك الكهربائيّ ترتَّبُ مِلَفَّاتٌ كهربيَّةٌ ومِغْنَطيساتٌ دائمة بحيث تُولِّد القُوَى الكَهْرُمغنطيسيَّةُ الناتِجَةُ عند سَريانِ تيَّارٍ في المِلَفَّات دوَرانًا حول مِحورٍ مَركزيّ. وفي المُولِّد تُدَوَّرُ المِلَفَّاتُ السِّلكيَّةُ في مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ لِتوليد تيّارٍ كَهْربائيّ.

المَجالُ المِغْنَطيسيُّ حَوْلَ سِلْكٍ يَحْمِلُ تيَّارًا
MAGNETIC FIELD AROUND A CURRENT-CARRYING WIRE

المَجالُ المِغْنَطيسيُّ حَوْلَ سِلْكٍ مُفْرَدٍ يَحْمِلُ تيَّارًا دائريَّ الشَّكْل. هنا، تَسامَتُ بُرادةُ الحديدِ المَنْثورةُ حَوْلَ السِّلْك مع خُطوطِ المَجالِ المِغْنَطيسيّ.



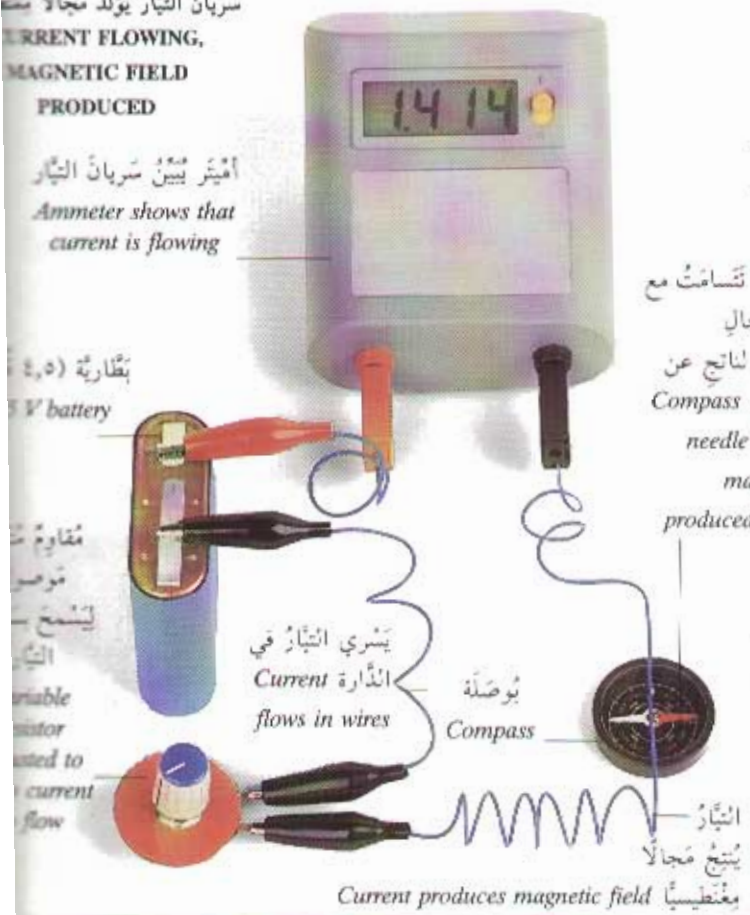
السِّلْكُ يَحْمِلُ تيَّارًا CURRENT THROUGH WIRE

المِغْنَطيسيَّةُ الكَهْربائيَّة تُؤثِّرُ في إبْرة البُوصَلَة
ELECTROMAGNETISM AFFECTING A COMPASS NEEDLE

إبْرةُ البُوصَلَة مِغْنَطيسٌ صغير يُمكِنُه الدَّورانُ بِحُريَّة. اتِّجاهُ الإبْرةِ عادةً شَماليٌّ جَنُوبيٌّ مُتَسامتًا مع خُطوطِ مَجال الأرض المِغْنَطيسيّ. لكِنْ عندما يَسْري تيَّارٌ في سِلْكٍ مُجاوِرٍ، فإنَّ الإبْرةَ ترتَجِعُ وتَسْتَقِرُّ أخيرًا مُتَسامتةً مع خُطوطِ المَجالِ الذي أحدثَه التيَّار.

لا يَسْري تيَّارٌ، ولا يُوجَدُ مَجالٌ مِغْنَطيسيّ
NO CURRENT, NO MAGNETIC FIELD

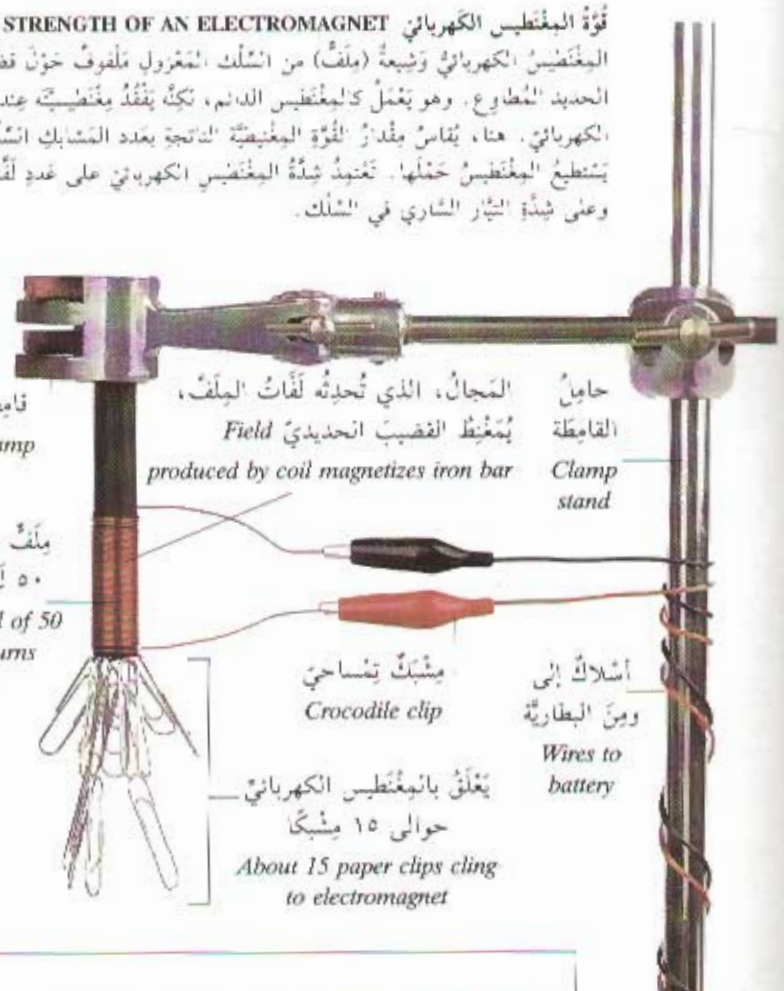
سَريانُ التيَّار يُوَلِّدُ مَجالًا مِ
CURRENT FLOWING, MAGNETIC FIELD PRODUCED



ELECTROMAGNETS المِغْنَطيساتُ الكَهربائيّة

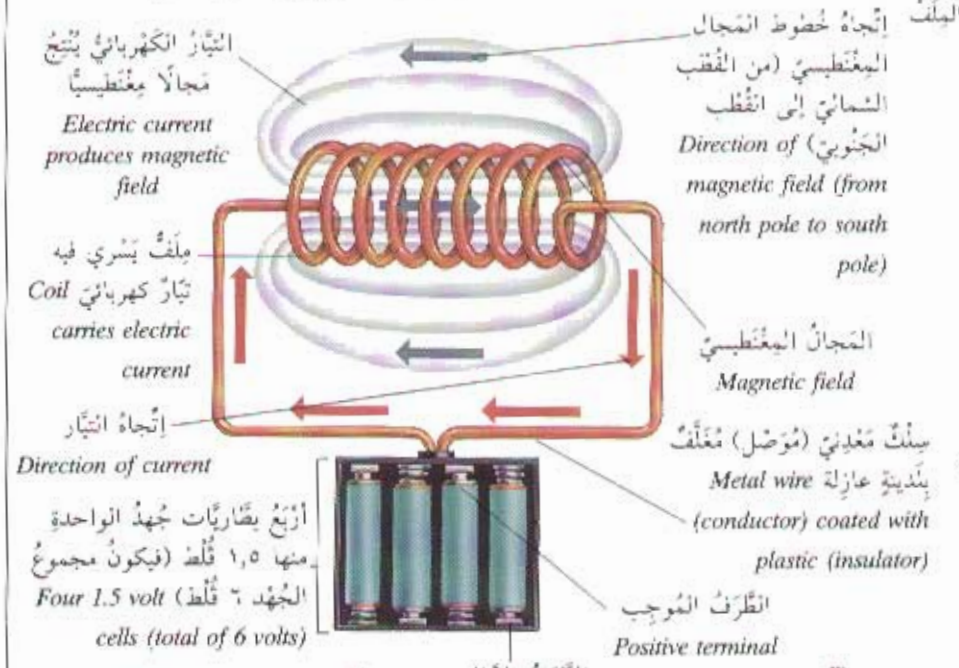
THE STRENGTH OF AN ELECTROMAGNET قُوّةُ المِغْنَطيس الكَهربائيّ

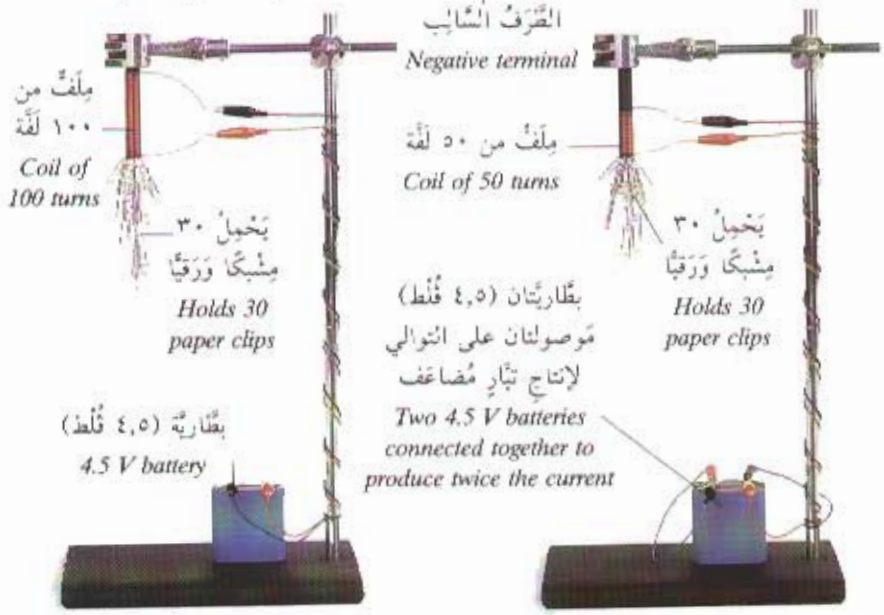
المِغْنَطيسُ الكهربائيُّ وَشيعةٌ (مِلَفٌّ) من السِّلْك المَعْزول مَلْفوفٌ حَوْلَ قضيب من الحديد المُطاوِع. وهو يَعْمَلُ كالمِغْنَطيس الدائم، لكنَّهُ يَفْقِدُ مِغْنَطيسيَّتَهُ عند قَطْعِ التيّار الكهربائيّ. هنا، يُقاسُ مِقْدارُ القُوّةِ المِغْنَطيسيّة الناتجة بِعَدد المَشابك السِّلْكيّة التي يَسْتَطيعُ المِغْنَطيسُ حَمْلَها. تَعْتَمِدُ شِدّةُ المِغْنَطيسِ الكهربائيّ على عَدَدِ لَفّاتِ المِلَفّ وعلى شِدّةِ التيّار السّاري في السِّلْك.



A SOLENOID وَشيعة (مِلَفٌّ لَولَبيّ)

المَجالُ المِغْنَطيسيُّ حَوْلَ مِلَفٍّ سلكيّ، يَسْري فيه تيّارٌ كهربائيّ، شبيهٌ بالمَجال حَوْلَ مِغْنَطيسٍ قضيبيٍّ عاديّ. إذ تَنضامُّ المَجالاتُ المِغْنَطيسيَّةُ حَوْلَ كُلِّ لَفَّةٍ لِتُنْتِجَ النَّمَطَ المَجاليَّ الإجماليّ. المِلَفُّ الحلزونيُّ هذا، الذي لا يَحوي قضيبًا حديديًّا في قَلْبِه، يُدعى **وَشيعةً** أو **مِلَفًّا لَولَبيًّا**.





تَأثيرُ مُضاعَفةِ عَدد لَفّاتِ المِلَفّ
EFFECT OF DOUBLING NUMBER OF TURNS ON COIL

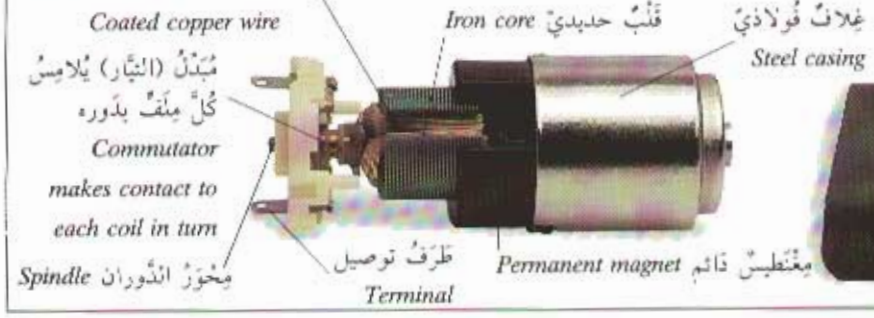
تَأثيرُ مضاعَفةِ التيّار
EFFECT OF DOUBLING CURRENT

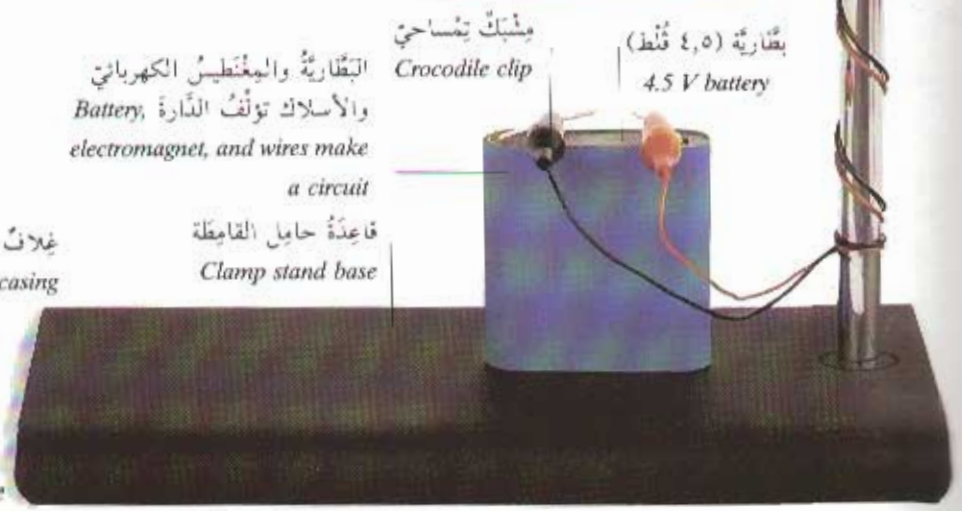
مِغْنَطيسٌ كهربائيّ في ساحةِ خُردَة
SCRAPYARD ELECTROMAGNET

يَلْتَقِطُ المِرْفاعُ الكَهرَمِغْنَطيسيُّ الخُرْدَةَ المَعْدِنيّة مُستخدِمًا مِغْنَطيسًا كهربائيًّا عالِيَ القُدْرة. فعند وَصْلِ المِغْنَطيسِ الكهربائيّ بالتيّار، تَعْلَقُ به الخُرْدَةُ الحديديّةُ؛ فَيُمكِنُ نَقْلُها من مكانٍ إلى آخَرَ. وعند قَطْعِ التيّار عن المِغْنَطيس الكهربائيّ يَفْقِدُ مِغْنَطيسيَّتَه لِتَتَّوَ، فَتَسْقُطُ الخُرْدَةُ العالِقَةُ به.

ELECTRIC MOTORS المُحَرِّكاتُ الكَهْربائيّة

يُمَرَّرُ تيّارٌ كهربائيّ عَبْرَ سِلْسِلةٍ من المِلَفّاتِ السِّلْكيّة واحدًا إثْرَ الآخر، داخِلَ المُحَرِّك، مُنتِجًا مَجالًا مِغْنَطيسيًّا، حَوْلَ كُلٍّ منها. فتتأثّرُ مِغْنَطيسيّةُ المِلَفّات دوريًّا مع المَجالاتِ المِغْنَطيسيّة لِمِغْنَطيساتٍ دائمةٍ مُوَضَّعةٍ حَوْلَها. ويُؤَدّي دَفْعُ هذا التأثُّرِ وشَدُّه مع المِلَفّ المُمَغْنَط إلى تَدوير المُحَرِّك. وعندما يَدورُ دَوْرُ المُحَرِّك قدرًا مُعَيَّنًا يكونُ مِلَفٌّ جديدٌ مُغَنِط، فَتَستَمِرُّ الحَرَكةُ بتأثيره.



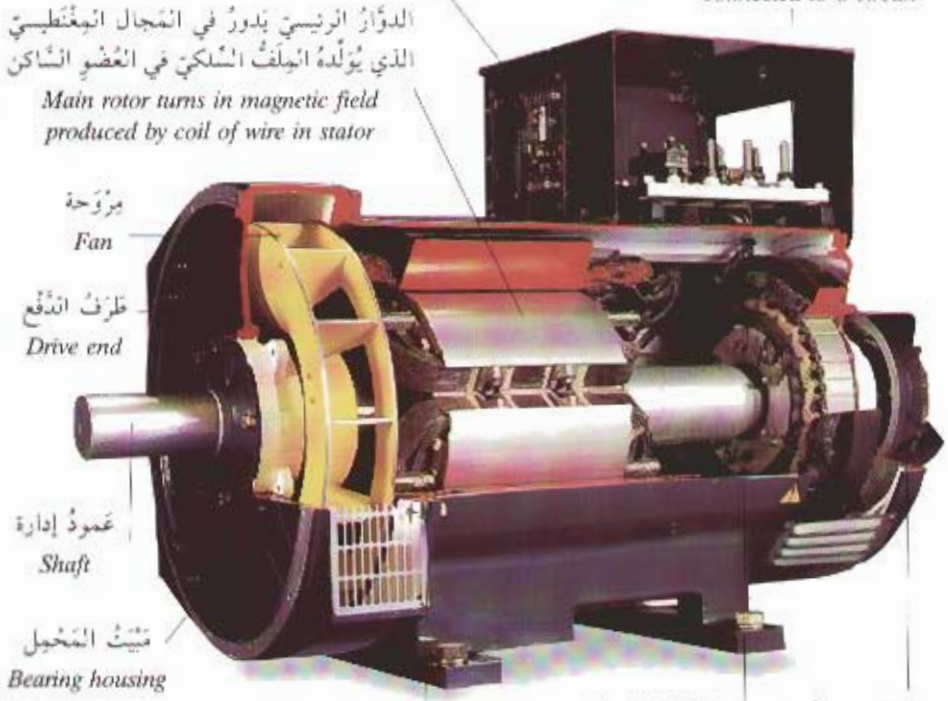


إنتاجُ الكَهْرباء

هنالِكَ وَسائلُ عديدةٌ لِتَوليدِ الكهرباء – أهمُّها وأعَمُّها استِخدامُ مِلَفَّاتٍ سِلكيَّةٍ ومِغْنَطيساتٍ في **مُوَلِّدٍ كهربائيّ**. فعندما يُحَرَّكُ سِلْكٌ ومِغْنطيسٌ واحدُهُما بالنِّسبةِ إلى الآخر، تتولَّدُ **قُلطِيَّة**. في المُوَلِّدِ يُلَوَّى السِّلْكُ على هيئة مِلَفٍّ؛ فبازدياد عَدَدِ لَفَّاتِ المِلَفّ وتَسْريعِ حركته تَزْدادُ القُلْطيَّة. تُدَوِّمُ المِلَفَّاتُ أو المِغْنَطيساتُ سريعًا جدًّا بتُربيناتٍ تُدارُ بضَغْطِ الماء أو الرِّيح أو، كما غالبًا، بضَغْطِ البُخار. يُوَلَّدُ البُخارُ عادةً بحَرْقِ الفَحْمِ أو النِّفْطِ في عمليَّةٍ تُلَوِّثُ البيئةَ. أمَّا المَواردُ المُتَجَدِّدةُ لتَوليد الكهرباء – كالقُدرة الكَهْرَمائيَّةِ وقُدْرةِ الرِّياح والطاقةِ الشَّمْسيَّة وقُدْرةِ الحرارة (الأرضيَّة) الجَوْفيَّة – فلا تُلَوِّثُ البيئةَ إلّا حَراريًّا فقَطْ. في المُوَلِّد، تتحوَّلُ **طاقةُ الحَرَكة** لِلجِسْمِ المُدَوِّم إلى طاقةٍ كهربائيَّة؛ أمّا الخَلايا الشَّمْسيَّةُ فتُحَوِّلُ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس مُباشَرةً إلى طاقةٍ كهربائيَّة باستِخدام طَبَقاتٍ من **شِبْه المُوَصِّلات**.

المُوَلِّدُ الكهربائيّ GENERATOR

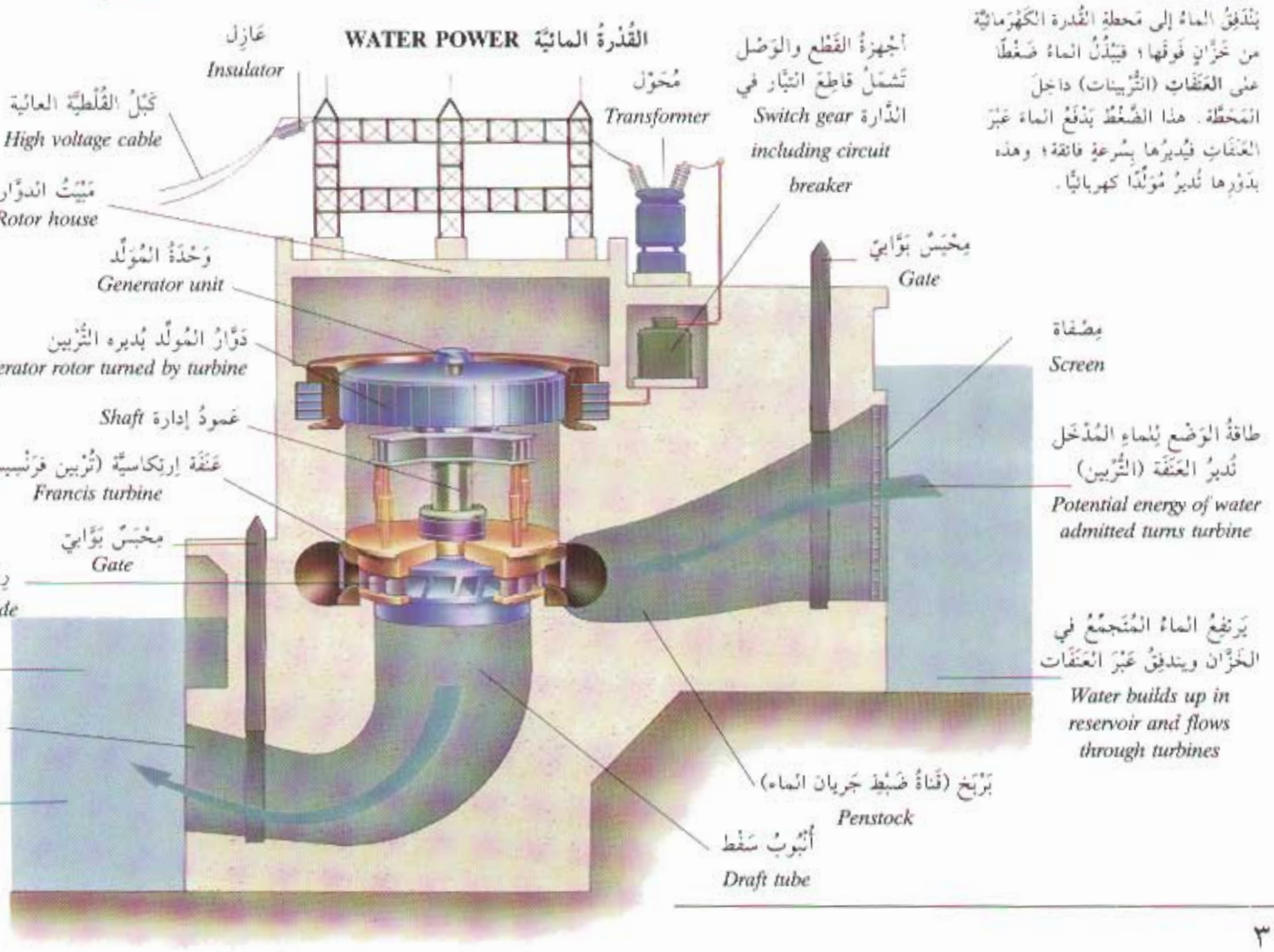
تَجِدُ داخِلَ المُوَلِّدِ الكهربائيّ مِلَفَّاتٍ سِلكيَّةً ومِغْنَطيساتٍ دائمةً (أو كهربائيَّة). ففي المُوَلِّدِ البَسيطِ أدناه، تُدَوِّمُ المِغْنَطيساتُ الكهربائيَّةُ بِسُرعةٍ داخِلَ مِلَفَّاتٍ سِلكيَّةٍ ثابتة، فتتولَّدُ قُلْطيَّةٌ في المِلَفَّات.



مَحطةُ قُدرةٍ كَهْرَمائيَّة HYDROELECTRIC POWER STATION

يَنْدَفِقُ الماءُ إلى مَحطةِ القُدرة الكَهْرَمائيَّة من خَزّانٍ فَوقَها؛ فيَبْذُلُ الماءُ ضَغْطًا على العَنَفاتِ (التُّربينات) داخلَ المَحَطَّة. هذا الضَّغْطُ يَدْفَعُ الماءَ عَبْرَ العَنَفاتِ فيُديرُها بِسُرعةٍ فائقة؛ وهذه بدَوْرِها تُديرُ مُوَلِّدًا كهربائيًّا.

القُدْرةُ المائيَّة WATER POWER



قُدْرَةُ الرِّياح WIND POWER

عَنَفَةُ الرِّيح WIND TURBINE

تَتَحَوَّلُ طاقَةُ الرِّيح إلى طاقَةٍ كَهربائيَّة بالعَنَفات (التُّربينات) المُدارة بالرِّيح. فتُوصَلُ أرياشُ العَنَفَةِ الدوَّارةُ بمُولِّدٍ يُنتِجُ قُنْفيَّةً. وكُلَّما ازدادَتْ سُرعةُ الرِّيح وكبُرَتِ الأرياشُ، تَزدادُ الطاقةُ المُنتجة.

مانِعةُ صَواعِق
Lightning conductor

مُوَلِّد
Generator

مَقْصَ
Hut

يُمكِنُ تدويرُ المَقْصِ لِمُواجَهةِ الرِّيح
Hut can be rotated into the wind

تُروسٌ تَزيدُ سُرعةَ الدَّوران أو تُقَلِّلُها
Gears increase or decrease speed of rotation

رِيشَةُ العَنَفَة
Turbine blade

عَمودُ دَورانِ العَنَفَة
Turbine shaft

عَمودٌ بُرْجيّ
Tower

حَقْلُ عَنَفاتٍ ريحيَّة
WIND FARM

نُصِبَتْ أعدادٌ كبيرة من العَنَفات الريحيَّة في هذا الحَقْل
Large numbers of turbines stand together in a wind farm

مَوارِدُ كَهربائيَّة أُخرى OTHER SOURCES

فيما يلي نَوعانِ آخران من الموارِدِ الكهربائيَّة المُتَجدِّدة هما القُدْرةُ المَدِّيَّة (المَدّ والجَزْر) وقُدْرةُ الحرارة (الأرضيَّة) الجَوْفيَّة. يَنتُجُ المَدُّ والجَزْرُ بصُورةٍ رئيسيَّةٍ من جاذبيَّة القَمَر. وتتولَّدُ الحرارةُ الجَوْفيَّة بانحلال الذرَّاتِ المُشِعَّة في لُبِّ (قَلْب) الأرض.

يَنبَثِقُ البُخارُ من باطِنِ الأرض
Steam emerges

المياهُ المَضْخُوخةُ إلى باطِنِ الأرض تُصبِحُ حارَّةً جِدًّا
Water pumped underground becomes very hot

فَضلَةُ المياهِ الحارَّةِ تُنقَلُ لِتَدفئةِ المَنازِل
Excess hot water carried away to heat homes

يُديرُ البُخارُ العَنَفاتِ لإنتاجِ الكهرباء
Steam turns turbine to produce electricity

قُدْرةُ الحرارةِ (الأرْضيَّة) الجَوْفيَّة GEOTHERMAL POWER

المياهُ المَضْخُوخةُ إلى باطِنِ الأرض تتحوَّلُ بالحرارة الجَوْفيَّة إلى بُخارٍ عالي الضَّغْط. ويَعودُ هذا البُخارُ إلى سَطْحِ الأرض على ضَغطٍ عالٍ فيُديرُ العَنَفات.

سَدٌّ رَصيفيّ
Barrier

العَنَفاتُ المُقامةُ داخِلَ السَّدِّ تدور لِتُنتِجَ الكهرباء
Turbines in barrier turn to produce electricity

مياهُ المَدّ
Tidal water

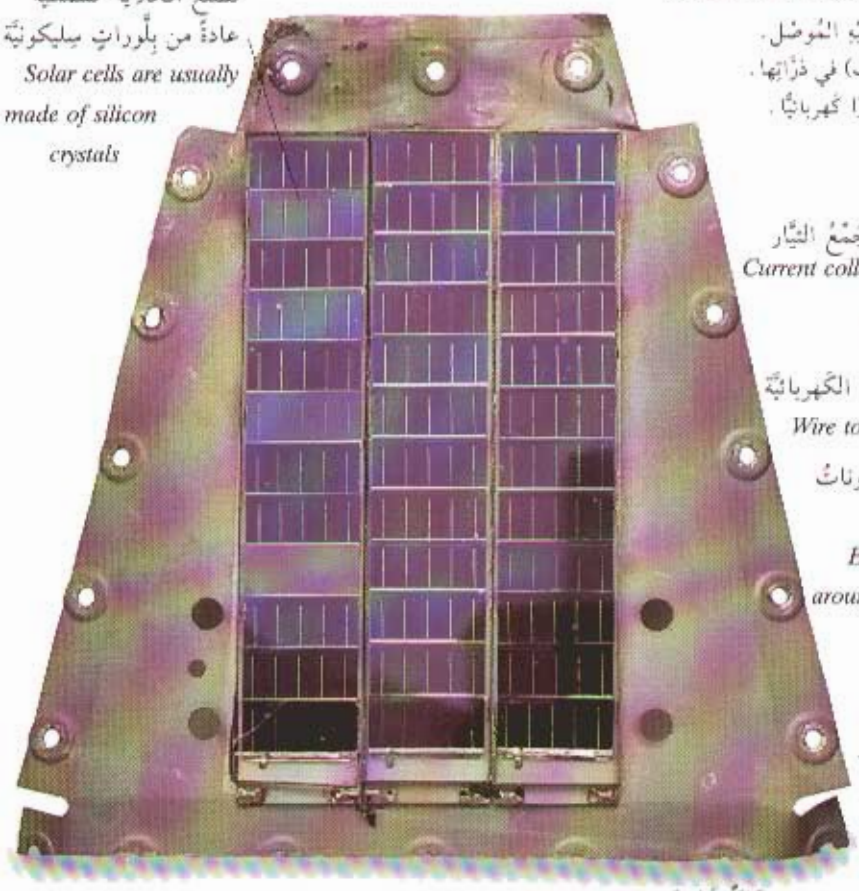
مَحطَّةُ قُدرةٍ مَدِّيَّة TIDAL POWER STATION

تُحتَجَزُ مياهُ البَحر بسَدٍّ اصطناعيٍّ كُلَّما ارتفعَتْ وهبطَتْ. وعندما يَبْلُغُ الفَرْقُ في مستَوَيي ارتفاعِ الماء، على جانِبَي السَّدِّ، حَدًّا كافيًا تتدفَّقُ المياهُ عَبْرَ أنفاقٍ خاصَّةٍ لِتُديرَ عَنَفاتِ المُولِّدِ الكهربائيّ.

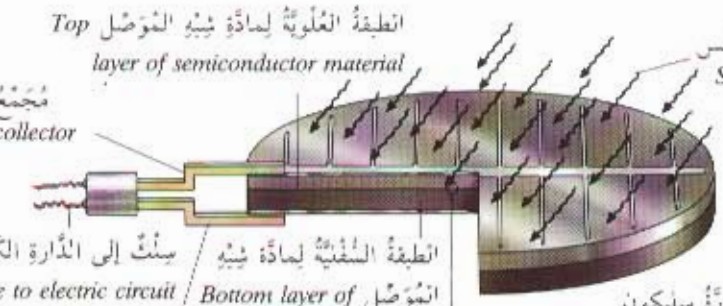
الطاقَةُ الشَّمْسِيَّة SOLAR ENERGY

طاقةُ ضَوءِ الشَّمْسِ تُولِّدُ الكهرباءَ في الخلايا الشَّمْسيَّة بجَعْلِ الإلكتروناتِ تَترُكُ ذرّاتِها في شِبْهِ المُوصِل. فيُخلِّفُ كُلُّ إلكترونٍ وراءَه ثُغْرَةً أو ثَقْبًا تَنتقِلُ إليه إلكتروناتٌ أُخرى بدَورِها مُخلِّفةً ثُقوبًا (شُغُرات) في ذرّاتِها. وتَستمِرُّ هذه العمليَّةُ على مَدَى الدَّارة بكامِلِها، فتولِّفُ سِلْسِلةُ الإلكتروناتِ المُتحرِّكةُ هذه تيّارًا كهربائيًّا.

تُصنَعُ الخَلايا الشَّمْسيَّةُ عادةً من بِلَّوراتِ سِيليكونيَّة
Solar cells are usually made of silicon crystals



خَليَّةٌ شَمْسيَّة SOLAR CELL



تمثيلٌ بَيانيّ MICROSCOPIC VIEW

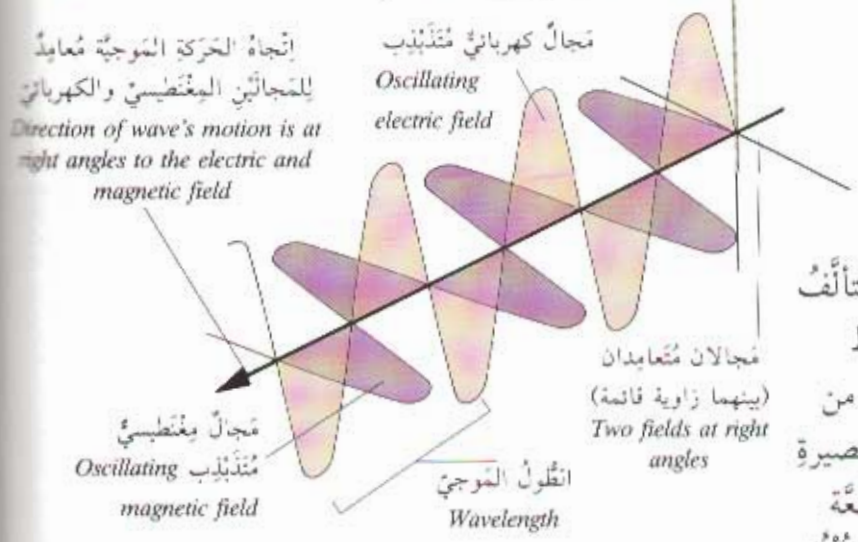
الإشعاعاتُ الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة

بين الكهرباءِ والمِغْنَطيسيَّة عَلاقَةٌ مُباشَرة (أُنْظُر ص ٣٤-٣٧): **فالمَجالُ الكهربائيُّ** المُتغَيِّرُ يُنْتِجُ **مَجالًا مِغْنَطيسيًّا** مُتغَيِّرًا، والعَكْسُ بالعَكْس. وعندما تَتسارَعُ شِحْنَةٌ كهربائيَّةٌ، كتِلكَ التي يَحْمِلُها **الإلِكْترون**، فإنَّها تُطْلِقُ طاقةً بشَكْلِ إشعاعٍ كَهْرُمِغْنَطيسيّ. فالإلكتروناتُ المُتحَرِّكةُ صُعُودًا ونُزولًا في هوائيٍّ لاسِلْكيّ (هوائيّ الراديو)، مَثَلًا، تُنْتِجُ نَمَطًا من الإشعاعاتِ يُعرفُ بالأمواجِ الرَّاديويَّة. فالإشعاعاتُ الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة تتألَّفُ من مَجالاتٍ كهربائيَّةٍ ومِغْنَطيسيَّةٍ مُتَذَبْذبة. وهنالك مَدًى واسِعٌ من أنماطِ الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة المُتباينة يُدعى الطَّيْفَ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ، يَمْتَدُّ من الأمواجِ الرَّاديويَّةِ الخفيضةِ الطاقة، حتّى الأشِعَّةِ الجيميَّة العاليةِ الطاقة القصيرةِ **الطُّول المَوجيّ**. ويَشْمَلُ هذا الطَّيْفُ الضَّوءَ المرئيَّ والأشِعَّةَ السِّينيَّة (أشِعَّة إكس). وتُعتَبرُ الإشعاعاتُ الكَهْرُمغنطيسيَّة ذاتَ طبيعتَيْن - كحَرَكةٍ مَوجيَّةٍ (أُنْظُر ص ٢٠ و٢١)، وكَدَفْقٍ من الجُسَيمات يُدعى **فُوتُونات** (أُنْظُر ص ٤٨ و٤٩). وكِلا التأويلَيْنِ مُفيدٌ في التَّنَبُّؤِ بسُلُوكِ الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة وتَعليلِه.

الإشعاعاتُ ذاتُ طبيعةٍ مَوجيَّة وجُسَيميَّة
RADIATION AS PARTICLES AND WAVES

المَجالاتُ المُتَذَبْذِبة OSCILLATING FIELDS

سُلوكُ الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنَطيسيَّةِ كُلِّها في بعضِ الظواهِرِ الفيزيائيَّة، كالحُيود والتَّداخُل، يُؤكِّدُ طبيعتَها المَوجيَّة. فيُمكِنُ اعتبارُها انتلافًا من المَجالاتِ الكهربائيَّةِ والمِغْنَطيسيَّةِ المُتغَيِّرة



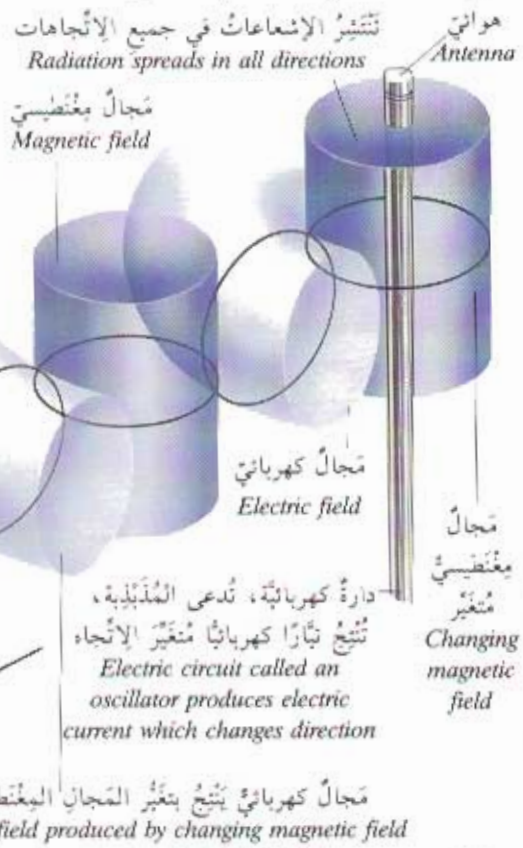
الفُوتُونات PHOTONS

الإشعاعاتُ الكَهْرُمِغْنَطيسيَّةُ كُلُّها تسلكُ أيضًا كأنَّها ذاتُ طبيعةٍ جُسَيميَّة. فطاقَتُها، مَثَلًا، تُشَعُّ ككَمّاتٍ أو حُزَمٍ قائمةٍ بذاتِها تُدعى فُوتُونات.

الأمواجُ الرَّاديويَّة (اللاسِلْكيَّة) RADIO WAVES

إنتاجُ الأمواجِ الرَّاديويَّة PRODUCTION OF RADIO WAVES

التَّيّارُ الكَهربائيُّ في هوائيّ الرَّادير يُغَيِّرُ اتِّجاهَهُ سريعًا فيُنتِجُ، حَوْلَ الهوائيّ، مَجالًا مِغْنَطيسيًّا مُتَغَيِّرًا. وهذا المَجالُ المِغْنَطيسيُّ يُنتِجُ مَجالًا كهربائيًّا، والمَجالُ الكهربائيُّ يُنتِجُ بِدَورِهِ مَجالًا مِغْنَطيسيًّا، وهكذا دَوالَيْك.

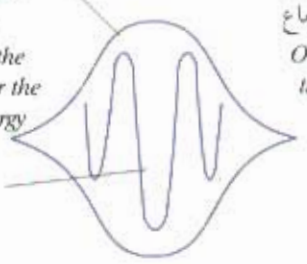


فُوتُونُ الضَّوءِ الأحمر PHOTON OF RED LIGHT

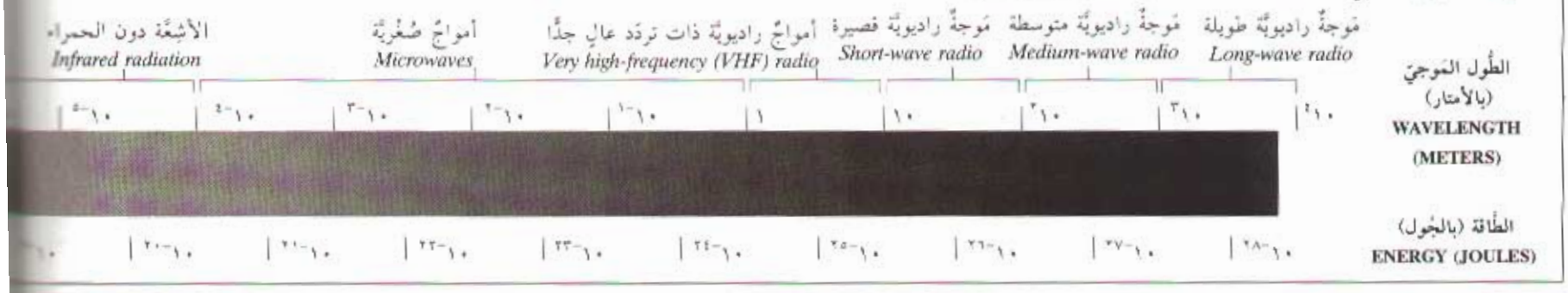
طاقةُ الفُوتُونِ الأزرقِ تُقارِبُ ضِعفَ طاقةِ الفُوتُونِ الأحمر؛ فكُلَّما قَصُرَ الطُّولُ المَوجيُّ تَزدادُ الطاقة
Blue photon has about twice the energy of red photon; the shorter the wavelength, the higher the energy

الضَّوءُ الأزرقُ ذو طُولٍ مَوجيٍّ أقْصَرَ: والأمواجُ أكثرُ تَراصًّا
Blue light has shorter wavelength: waves are more tightly packed

فُوتُونُ الضَّوءِ الأزرق PHOTON OF BLUE LIGHT



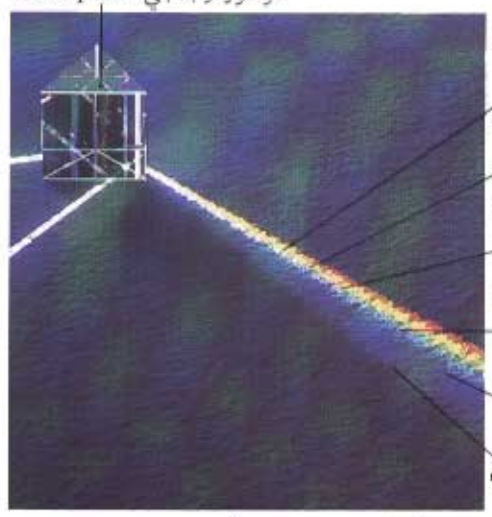
الطَّيْفُ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



طَيْفُ الضَّوء الأبيض THE WHITE LIGHT SPECTRUM

من طَيْفِ الأشِعَّةِ الكَهْرُمغْنَطيسيَّة تَستطيعُ العَيْنُ البَشَريَّةُ استِبانَةَ مَدًى من الأطوال المَوجيَّة يتراوَحُ بين «الضَّوء الأحمر» و«الضَّوء الأزرق» وحينَ نُدرِكُ جميعَ هذه الأطوالِ، ضِمْنَ ذلك المَدَى معًا، فإنَّها تبدو ضوءًا أبيضَ.

Glass prism مَوشُورٌ زُجاجيّ



الضَّوءُ الأحمر (طُولُه المَوجيُّ: ٦,٢ – ٧,٧ × ١٠⁻⁷م)
Red light (wavelength: 6.2-7.7 x 10^{-7}m)

الضَّوءُ البُرتقاليُّ (طُولُه المَوجيُّ: ٥,٩ – ٦,٢ × ١٠⁻⁷م)
Orange light (wavelength: 5.9-6.2 x 10^{-7}m)

الضَّوءُ الأصفر (طُولُه المَوجيُّ: ٥,٧ – ٥,٩ × ١٠⁻⁷م)
Yellow light (wavelength: 5.7-5.9 x 10^{-7}m)

الضَّوءُ الأخضر (طُولُه المَوجيُّ: ٤,٩ – ٥,٧ × ١٠⁻⁷م)
Green light (wavelength: 4.9-5.7x10^{-7}m)

الضَّوءُ الأزرق (طُولُه المَوجيُّ: ٤,٥ – ٤,٩ × ١٠⁻⁷م)
Blue light (wavelength: 4.5-4.9x10^{-7}m)

الضَّوءُ البَنَفسجيُّ (طُولُه المَوجيُّ: ٣,٩ – ٤,٥ × ١٠⁻⁷م)
Violet light (wavelength: 3.9-4.5x10^{-7}m)

الإشعاعاتُ من أجسامٍ حَامِيَة RADIATION FROM HOT OBJECTS

ذرَّاتُ الجامِد تَهْتَزُّ (أنْظُر ص ٢٢ و٢٣). وهذه الذرَّاتُ تَحوي شِحْناتٍ كَهْربائيَّةً على شَكلِ بُرُوتُونات وإلِكْتِرونات. واهتِزازُ هذه الشِّحْناتِ، يُنْتِجُ مَدًى من الإشعاعات الكَهْرُمغْنَطيسيَّة. تَعْتمِدُ سُرعةُ الاهتِزاز، وبالتالي الطُّولُ المَوجيُّ للإشعاعاتِ المُنْتَجَةِ، على دَرَجةِ الحرارة كما يَتبيَّنُ من هذا القَضيبِ الفُولاذيّ.

الذرَّاتُ الأبردُ تَبعثُ إشعاعاتٍ دونَ الحمراء غيرَ مَرْئيَّة *Cooler atoms radiate invisible infrared*

Steel bar قَضيبٌ فُولاذيّ

جِسْمٌ مُحْمًى إلى حوالى ٩٠٠ ك (٦٢٧° س)
OBJECT HEATED TO ABOUT 900K (627 °C)

على دَرَجةِ ٩٠٠ ك، تَبعثُ الأجسامُ مَدًى من الإشعاعاتِ غالبيَّتُها دونَ الحَمْراء. ويُبيِّنُ المُخَطَّطُ البيانيُّ كَمِّيَّةَ ما يُشِعُّ من كُلِّ طُولٍ مَوجيّ.

ذرَّاتُ الفِلزِّ السَّاخِنَةُ تُنْتِجُ بعضَ الضوءِ الأحمر *Hot metal atoms produce some red light*

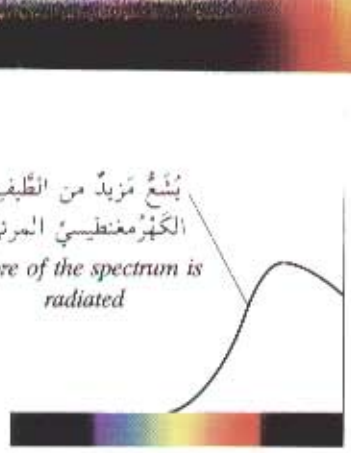
لا ابتِعاثَ لِلضوء الأزرق
No blue light produced

الآنَ يبدو الإشعاعُ أصْفَرَ
Radiation now appears yellow

جِسْمٌ مُحْمًى إلى حوالى ١٥٠٠ ك (١٢٢٧° س)
OBJECT HEATED TO ABOUT 1,500K (1,227 °C)

كُلَّما ازدادَتْ شِدَّةُ اهتِزازِ ذرَّاتِ الفِلزِّ تَزْدادُ طاقةُ الإشعاعاتِ المُبْتَعِثَة. فهي الآنَ تَشْمَلُ مَزيدًا من الطَّيْفِ المَرْئيّ.

يُشِعُّ مَزيدٌ من الطَّيْفِ الكَهْرُمغْنَطيسيِّ المرئيّ
More of the spectrum is radiated

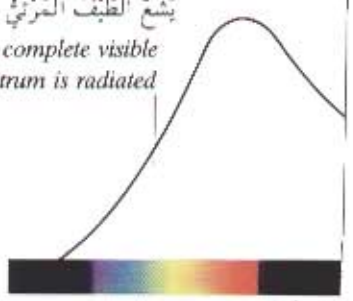


الآنَ يبدو الإشعاع أبْيَضَ
Radiation now appears white

جِسْمٌ مُحْمًى إلى حوالى ١٨٠٠ ك (١٥٢٧° س)
OBJECT HEATED TO ABOUT 1,800K (1,527 °C)

قريبًا من نُقطةِ انْصهاره يَبْعثُ القَضيبُ مَزيدًا من الضوء. فيَشْمَلُ مَدَى الضَّوءِ الآنَ كامِلَ الطَّيْفِ المَرْئيّ - لِذا يبدو أبْيَضَ ساطِعًا.

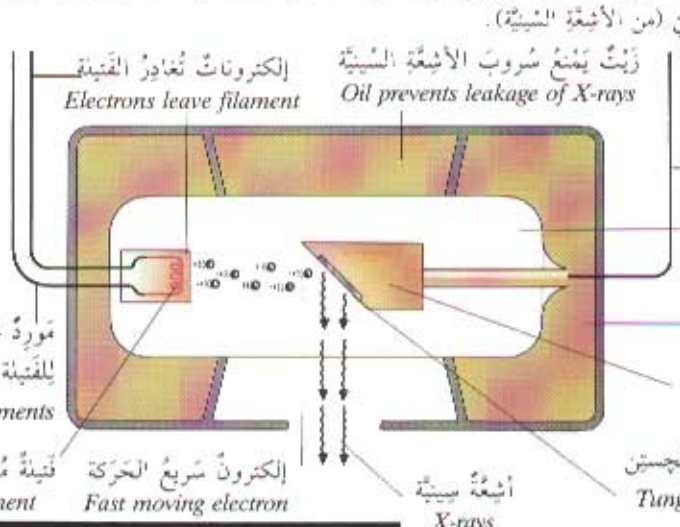
يُشِعُّ الطَّيْفُ المَرْئيُّ بكامِلِه
The complete visible spectrum is radiated



الأشِعَّةُ السِّينيَّة (أشِعَّةُ إكْس) X-RAYS

إنتاجُ الأشِعَّة السِّينيَّة PRODUCTION OF X-RAYS

تَنْتُجُ الأشِعَّةُ السِّينيَّةُ على مَقْرُبةٍ من الطَّرَفِ العالي الطاقةِ لِنَطَيْفِ الكَهْرُمغْنَطيسيّ. ويُمكِنُ إنتاجُ هذه الأشِعَّةِ في أنْبوبِ الأشِعَّة السِّينيَّة - حيثُ تُسَرِّعُ الإلكترونات بواسِطةِ مَجالٍ كهربائيٍّ قَويٍّ. قَبْلَ اصطدامِها بلَوحةٍ من التَّنْجستين (أو البلاتين) فتتحوَّلُ طاقتُها الحَرَكيَّةُ إلى إشعاعٍ كَهْرُمغْنَطيسيٍّ (من الأشِعَّةِ السِّينيَّة).



صُورَةٌ بالأشِعَّةِ السِّينيَّة X-RAY PHOTOGRAPH

الاستِخدامُ الرَّئيسيُّ للأشِعَّةِ السِّينيَّة هو في التَّصويرِ الطِّبِّيّ. فالإشعاعاتُ المُبْتَعِثةُ من أنْبوبِ الأشِعَّةِ السِّينيَّة لا تَخْتَرِقُ العَظْم. لِذا تَبدو صُورةُ العِظامِ بيِّنَةً عند تَسْجيلِ الصُّورةِ على وَرَقٍ حَسَّاسٍ للأشِعَّةِ السِّينيَّة. وهكذا يُمكِنُ تَقَصِّي الكُسُورِ العَظْميَّةِ دونَ الحاجةِ إلى جِراحة.

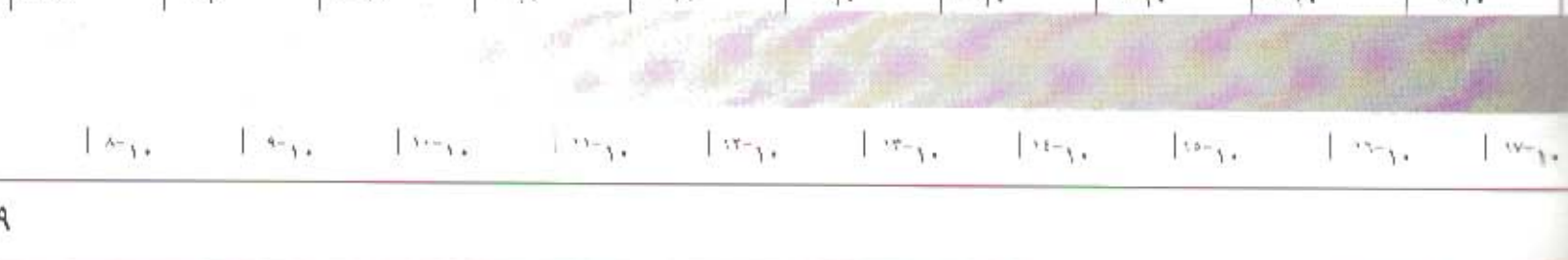
صُورةٌ لِعِظامِ اليَد
Image of bone

يُمكِنُ فَحْصُ الكُسُور في العِظامِ دونَما حاجةٍ إلى
Bones can be examined for fractures without the need for surgery

أشِعَّةٌ جاما (الأشِعَّةُ الجيميَّة)
Gamma rays

الأشِعَّةُ السِّينيَّة *X-rays*

الأشِعَّةُ فوق البنفسجيَّة
Ultraviolet radiation



الأَلْوان

العَيْنُ البشَريَّةُ قادِرةٌ على إدراكِ قِسْمٍ صَغيرٍ فقَطْ من **الطَّيْفِ الكَهْرُمِغْنَطيسيِّ** يُدعى «الضوءَ المَرئيّ». والألوانُ المُختلِفةُ على مدَى طَيْفِ الضوءِ المَرْئيِّ تُناظِرُ **أطوالًا موجيَّةً** مُختلِفةً من الضَّوء. تَحوي شبكيَّةُ العينِ ثلاثةَ أنواعٍ من **المَخاريط** (خلايا مَخروطيَّة)، كُلُّ نوعٍ منها حَسَّاسٌ لِواحدٍ من **الألوان الأساسيَّة** (الأوليَّة) الثلاثة - الأحمرِ والأخضرِ والأزرقِ من الطَّيْف، (بالإضافة إلى نبابيتَ «خلايا عصَويَّة» تختَصُّ بالإبصارِ في العَتَمة). مَصادِرُ الضوءِ الرئيسيَّةُ تَبْتعِثُ أجزاءً مُخْتلِفةً من الطَّيْفِ تَبْدو بألوانٍ مُختلِفةٍ فيما يُعرفُ **بعمليَّةٍ جَمْعيَّة**. وبتَضائِفِ الألوانِ الضوئيَّة الرَّئيسيَّةِ من مَصادِرها بالنِّسبِ الصحيحة يُمكِنُ إحداثُ الحِسِّ بألوانٍ أُخرى في عُيونِنا. كذلك عند سُقوطِ الضوءِ على **جِسْمٍ مُلَوَّن** فإنَّ بعضَ ألوانِ الطَّيْف فقَطْ تَنْعَكِسُ عنه؛ وتَعْتمِدُ نَوعيَّةُ الألْوانِ **المُمتَصَّةِ والمُنْعَكِسَةِ** على الخِضْبِ الذي يُلَوِّنُه فيما يُعرفُ **بعمليَّةٍ إسقاطيَّة**. إنَّ النَّظرَ إلى جِسْمٍ مُلَوَّنٍ على نُورِ ضوءٍ مُلَوَّنٍ قد يجعَلُه يَبدو بِلَونٍ مُخْتَلِف - ذلكَ لأنَّ الخُضُوبَ لن تعكِسَ إلَّا ألوانًا مَوجودةً أصلًا في الضَّوءِ الوارِد.

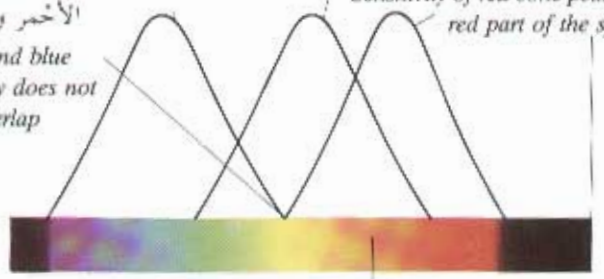
CONE SENSITIVITY **حَساسيَّةُ المَخاريط**

حَساسيَّةُ المَخروطِ الأخضرِ تَبْلُغُ الذُّرْوةَ في الجُزْءِ الأخضرِ من الطَّيْف
Sensitivity of green cone peaks in the green part of the spectrum

حَساسيَّةُ المَخروطِ الأزرقِ تَبْلُغُ الذُّرْوةَ في الجُزْءِ الأزرقِ من الطَّيْف
Sensitivity of blue cone peaks in the blue part of the spectrum

حَساسيَّةُ المَخروطِ الأحمرِ تَبْلُغُ الذُّرْوةَ في الجُزْءِ الأحمر من الطَّيْف
Sensitivity of red cone peaks in the red part of the spectrum

لا تَراكُبَ في حَساسيَّةِ الأحمرِ والأزرق
Red and blue sensitivity does not overlap

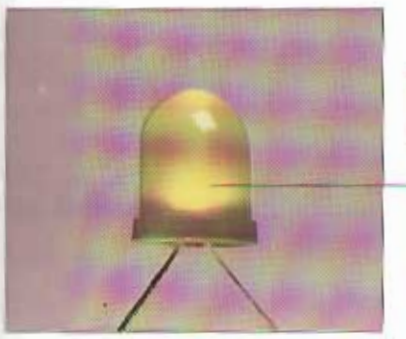


طَيْفُ الضَّوءِ الأبيضِ (المَرئيّ)
White light (visible) spectrum

إبصارُ الألوان **COLOUR VISION**

في العَيْنِ البَشَريَّةِ السَّويَّةِ ثلاثةُ أنواعٍ مُخْتلِفةٍ من المَخاريط، كُلٌّ منها حَسَّاسٌ لِجُزْءٍ مُختلِفٍ من الطَّيْف. الضَّوءُ الأبيضُ يَسْتَحِثُّ الخلايا المَخروطيَّةَ في الأنواعِ الثلاثةِ جَميعِها.

SOURCES OF LIGHT **مَصادِرُ الضَّوء**



GREEN LED **دايودُ ضَوْءٍ أخضر**

دايودٌ ضَوْئِيٌّ يُنتِجُ ألوانًا في الجُزْءِ الأخضرِ من الطَّيْف
LED produces colours in the green part of the spectrum

الدَّايودُ الضَّوْئِيُّ يَبدو أخضَرَ
LED appears green

دايودٌ ضَوْئِيٌّ أخضَرُ **GREEN LED**

الدَّايودُ الضَّوْئِيُّ يتألَّفُ من شِبْهِ مُوصِلٍ، ويُنتِجُ ألوانًا مُعَيَّنةً من الضَّوء.

هذا الطَّيْفُ يُبيِّنُ الألوانَ المُنتَجة
This spectrum shows which colours are produced

جميعُ ألوانِ الضَّوءِ تَتَّحِدُ معًا لإنتاجِ الضوءِ الأبيض
All colours of light together combine to produce white

مِصْباحٌ ساطِعُ الفَتيلة **BRIGHT FILAMENT LAMP**

بالتيَّارِ الكهربائيِّ العالي، يُنتِجُ المِصباحُ طَيْفَ الضَّوءِ الأبيضِ بكامله (أُنْظُر ص ٣٩).

مِصْباحُ الفَتيلة ساطِعُ **BRIGHT FILAMENT LAMP**

يَتَّحِدُ الضَّوءُ الأحمرُ والأصْفرُ والأخضرُ لإنتاجِ ضَوءٍ بُرْتُقاليّ
Red, yellow, and green light combine to produce orange

المِصْباحُ يَبدو بُرْتُقاليًّا
Lamp appears orange

لا يُنْتِجُ ضَوءٌ أزرقُ
No blue light produced

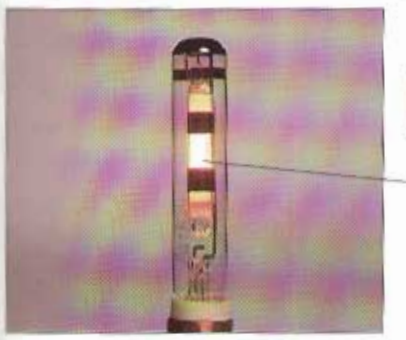
مِصْباحُ خافِتُ الفَتيلة **DIM FILAMENT LAMP**

بالتيَّارِ الكهربائيِّ الخفيف، تَنْخَفِضُ دَرَجةُ حَرارةِ الفَتيلة (أُنْظُر ص ٣٢ و٣٣).

مِصْباحُ خافِتُ الفَتيلة **DIM FILAMENT LAMP**

يُنتِجُ ضَوءٌ بُرْتُقاليٌّ مُتقاربان جدًّا في الجُزْءِ البُرْتُقاليِّ من الطَّيْف
Two colours of light very close together in the orange part of the spectrum are produced

المِصْباحُ يَبدو بُرْتُقاليًّا
Lamp appears orange



مِصْباحُ الصُّوديُوم **SODIUM LAMP**

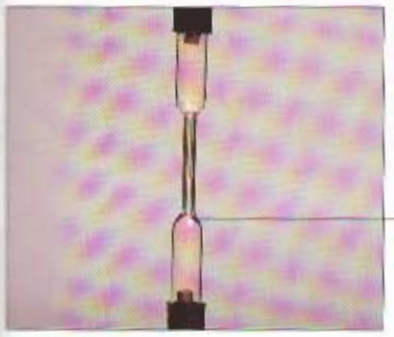
في مِصْباحِ الصُّوديُوم، يَستثيرُ التيَّارُ الكهربائيُّ إلكْتروناتِ في بُخارِ الصُّوديُوم مُكْسِبًا إيَّاها طاقةً إضافيَّةً، فتَبْتعِثُها الإلكْتروناتُ ضَوءًا.

تُنْتَجُ ألْوانٌ مُعَيَّنةٌ فقَطْ يَتَمَيَّزُ بها النِّيُون
Only certain colours characteristic of neon are produced

المِصْباحُ يَبدو بُرْتُقاليًّا
Lamp appears orange

أُنْبوبُ النِّيون **NEON TUBE**

كما في مِصْباحِ الصُّوديُوم، وبطَريقةٍ مُماثِلةٍ يُنْتِجُ مِصْباحُ التفريغِ النِّيونيُّ تَوَهُّجًا بُرْتُقاليًّا مُمَيَّزًا.



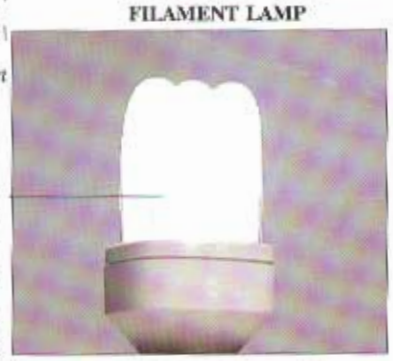
أُنْبوبُ النِّيون **NEON TUBE**

المِصْباحُ يُنْتِجُ ألوانًا مُعَيَّنةً في كُلِّ جُزْءٍ من الطَّيْف
Lamp produces certain colours in each part of the spectrum

تُسْتَحَثُّ أنواعُ المَخاريط الثلاثةُ كُلُّها فيَبْدو المِصْباحُ أبيضَ
All three types of cone are stimulated and lamp appears white

مِصْباحٌ فَلْوريّ **FLUORESCENT LAMP**

في المِصْباحِ الفَلْوريّ، تُنْتِجُ الفُسْفُراتُ (مَوادُّ كيماويَّةٌ مُتَفَسْفِرة) ألوانًا في أجزاءٍ عَديدةٍ من الطَّيْف.



مِصْباحٌ فَلْوريّ **FLUORESCENT LAMP**

العمليّةُ الجَمْعيّة ADDITIVE PROCESS

ضوءُ الضوءِ الأحمرِ والأخضرِ والأزرقِ بنسبٍ صحيحةٍ يُمكِنُ أنْ يُولِّدَ إحساسًا بَصَريًّا بأيِّ لَونٍ آخَر. هذه الألوانُ الثلاثة تُدعى الألوانَ الأوليّةَ أو الأساسيّة. وأيُّ لَونٍ آخَرَ يَنتُجُ من جَمْعِ اثنينِ منها يُدعى لَونًا ثانويًّا.

الضَّوءُ الأزرقُ (أوّليّ) BLUE LIGHT (PRIMARY)

الضَّوءُ الأزرقُ الأوّليُّ يَستَحِثُّ مَخاريطَ الأزرق
Primary blue light stimulates the blue cone

السِّيان (ثانَويّ) CYAN (SECONDARY)

الأخضرُ الأوّليُّ والأزرقُ الأوّليُّ يمتزجانِ في السِّيان (الأزرق المُخضَر)
Primary green and primary blue combine to appear as cyan

الضَّوءُ الأخضر (أوّليّ) GREEN LIGHT (PRIMARY)

الضوءُ الأخضرُ الأوّليُّ يَستَحِثُّ مَخاريطَ الأخضر
Primary green light stimulates the green cone

الأصفر (ثانَويّ) YELLOW (SECONDARY)

الأحمرُ الأوّليُّ والأخضرُ الأوّليُّ يتّحِدانِ ليُكوِّنا الأصفرَ
Primary red and primary green combine to appear as yellow

الماجنتا (ثانَويّ) MAGENTA (SECONDARY)

الأحمرُ الأوّليُّ والأزرقُ الأوّليُّ يتّحِدان ليُكوِّنا الماجنتا (الأحمر المُزرَق)
Primary red and primary blue combine to appear as magenta

الضَّوءُ الأبيض WHITE LIGHT

الألوانُ الأوليّةُ مُجتمِعةً تَستَحِثُّ كُلَّ أنواعِ المَخاريط
All the primary colours together stimulate all types of cone and appear white

الضَّوءُ الأحمر (أوّليّ) RED LIGHT (PRIMARY)

الضَّوءُ الأحمرُ الأوّليُّ يَستَحِثُّ مَخاريطَ الأحمر
Primary red light stimulates the red cone

الألوانُ الأوّليّةُ في العمليّةِ الجَمْعيّة
PRIMARY COLOURS FOR THE ADDITIVE PROCESS

العمليّةُ الإسقاطيّة SUBTRACTIVE PROCESS

تحوي هذه المُرشِّحاتُ الثلاثةُ خُضُبًا تَمتَصُّ بعضَ ألوانِ الضَّوءِ الأبيضِ المارِّ عَبرَها من مَصدرٍ ضَوئيٍّ تَحتَها. ويُمكِنُ، بمَزْجِ الخُضُبِ الأوّليّة، إنتاجُ كُلِّ الألوانِ عدا الأبيضِ الحقيقيّ.

المُرشِّحُ السِّيانيُّ (أوّليّ) CYAN (أوّليّ) FILTER (PRIMARY)

المُرشِّحُ السِّيانيُّ الأوّليُّ يَمتَصُّ كُلَّ الضَّوءِ الضوئيِّ عدا الأزرقَ والأخضر
A primary cyan filter will absorb all light except blue and green

الأخضر (ثانَويّ) GREEN (SECONDARY)

المُرشِّحانِ السِّيانُ والأصفرُ معًا يَسمحانِ بمُرورِ الضوءِ الأخضرِ فقَطْ
Cyan and yellow filters together only allow green light through

مُرشِّحٌ أصفر (أوّليّ) YELLOW FILTER (PRIMARY)

المُرشِّحُ الأصفرُ الأوّليُّ يَمتَصُّ كُلَّ الضَّوءِ عدا الأحمرَ والأخضر
A primary yellow filter will absorb all light except red and green

الأحمر (ثانَويّ) RED (SECONDARY)

المُرشِّحانِ الماجنتا والأصفرُ معًا يَسمحانِ بمُرورِ الضَّوءِ الأحمرِ فقَطْ
Magenta and yellow filters together only allow red light through

الأزرق (ثانَويّ) BLUE (SECONDARY)

المُرشِّحانِ الماجنتا والسِّيانُ معًا يَسمحانِ بمُرورِ الضوءِ الأزرقِ فقَطْ
Magenta and cyan filters together only allow blue light through

السَّوادُ انعدامُ اللَّون BLACK (NO COLOUR)

حيثُ تَتراكبُ كُلُّ المُرشِّحاتِ الثلاثة، تُمتَصُّ كُلُّ الألوانِ فتَبدو سَوداءَ
Where all three filters overlap, they absorb all colours, and appear black

الماجنتا (أوّليّ) MAGENTA (PRIMARY)

المُرشِّحُ الماجنتا، الأوّليُّ يَمتَصُّ كُلَّ الضوءِ الضوئيِّ عدا الأحمرَ والأزرق
A primary magenta filter will absorb all light except red and blue

الأجسامُ المُلوَّنةُ في الضَّوءِ المُلوَّن COLOURED OBJECTS IN COLOURED LIGHT

جمعُ المُرشِّحاتِ الأوّليّةِ الألوانِ في العمليّةِ الإسقاطيّة
COMBINING PRIMARY COLOURED FILTERS FOR THE SUBTRACTIVE PROCESS

الألوانُ الخُضُبِ الأوّليّةِ تَختلِفُ عن ألوانِ الضَّوءِ الأوّليّة
The primary pigment colours are different to the primary light colours

في الضَّوءِ الأخضر IN GREEN LIGHT

عندما الضَّوءُ المُتاحُ أخضرُ فقَطْ، يَعكِسُ الخضبُ الأخضرُ ضوءَ أخضرَ فيَبدو أخضرَ.

الوِعاءُ الأزرقُ يَبدو أسودَ
Blue pot appears black

الوِعاءُ الأحمرُ يَبدو أسودَ
Red pot appears black

الوِعاءُ الأبيضُ يَبدو أخضرَ
White pot appears green

في الضَّوءِ الأحمر IN RED LIGHT

عندما الضَّوءُ المُتاحُ أحمرُ فقَطْ، لا يَتيسَّرُ لِلخضبِ الأخضرِ أنْ يَعكِسَ ضوءَ أخضرَ، فيَبدو أسودَ.

الوِعاءُ الأزرقُ يَبدو أسودَ
Blue pot appears black

الوِعاءُ الأخضرُ يَبدو أسودَ
Green pot appears black

الوِعاءُ الأحمرُ يَبدو أحمرَ
Red pot appears red

في الضَّوءِ الأزرق IN BLUE LIGHT

عندما الضَّوءُ المُتاحُ أزرقٌ فقَطْ، لا يَتيسَّرُ لِلخضبِ الأخضرِ أن يَعكِسَ ضوءَ أخضرَ، فيَبدو أسودَ.

الوِعاءُ الأخضرُ يَبدو أسودَ
Green pot appears black

الوِعاءُ الأبيضُ يَعكِسُ كُلَّ الألوانِ
White pot reflects all colours

الوِعاءُ الأبيضُ يَعكِسُ الضَّوءَ الأزرقَ ويَبدو أزرقَ
White pot reflects the blue light and appears blue

في الضَّوءِ الأبيض IN WHITE LIGHT

الأخضرُ يَعكِسُ الجُزْءَ الأخضرَ فقَطْ من الضوءِ الأبيضِ ويَمتَصُّ الألوانَ الأخرى كُلَّها.

الأخضرُ يَبدو أخضرَ
Green pot appears green

الِانعِكاسُ والِانكِسار

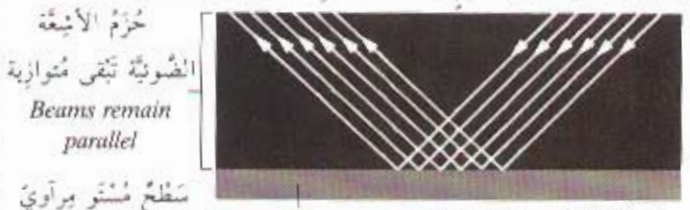
الضَّوءُ المَرْئيُّ جُزْءٌ من **الإشعاعات الكَهْرَمِغْنَطيسيَّة** أطوالُه المَوجيَّةُ مَحدودةٌ بين الأشِعَّةِ تحتَ الحمراءِ والأشِعَّةِ فوقَ البَنَفْسجيَّة (أُنْظُر ص ٤٨ وَ٤٩). في الفَضاءِ الطليق، يَنْتَقِلُ الضَّوءُ في خُطوطٍ مُسْتَقيمةٍ بسُرعَةِ ٣٠٠ مِليون مِتْرٍ في الثانِيَة. عندما تَسْقُطُ حُزْمَةٌ من أشِعَّةِ الضَّوء على جِسْمٍ مّا، فإنَّ جُزْءًا منها قد يَنْعكِسُ عن سَطحِه، وبَعْضًا منها قد يَمْتَصُّه الجِسْمُ، والبَعْضِ الآخر قد يَنْفُذُ منه. والواقِعُ أنَّهُ بِدونِ الِانعِكاسِ ما كان يُمكِنُنا إلّا رُؤيةُ الأجسامِ المُضيئةِ بذَاتِها. والضَّوءُ دائمًا يَنْعكِسُ على سطحٍ مّا بزاويةٍ مُساويةٍ لِزاويةِ سُقُوطِه عليه. لِذا فالأشِعَّةُ الضَّوئيَّةُ المُتَوازيةُ السَّاقِطةُ على سطحٍ مُسْتَوٍ تَظَلُّ مُتَوازيةً بَعْدَ الِانعِكاس. أمَّا حُزْمَةُ الأشِعَّةِ الضَّوئيَّةِ المُنْعَكِسةُ على سَطْحٍ غيرِ مُنْتظم فتَسْتَطِيرُ مُتفرِّقةً في جميعِ الاتِّجاهات.

الضَّوءُ المارُّ عَبْرَ جِسْمٍ **ينكَسِرُ** أو يَنْحني؛ وتَعْتمِدُ زاويةُ الِانكِسارِ على زاويةِ سُقُوطِ الضَّوءِ على الجِسْمِ وعلى طبيعةِ المادَّةِ التي يتألَّفُ منها. **العَدَساتُ** والمَرايا المُختلِفةُ قد **تُباعِدُ** أشِعَّةَ الضَّوء أو **تُقارِبُها**. وحينَ تَتقارَبُ أشِعَّةُ الضَّوء فإنَّها تَتلاقَى في نُقطةٍ تُسَمَّى البُؤرَةَ. وهكذا فإنَّه يُمكِنُ تكوينُ الصُّوَرِ بالعَدَساتِ والمَرايا، وتجِدُ هذه الخاصَّةُ تطبيقاتٍ مُهِمَّةً ومفيدةً في المِنْظارِ ذي العَيْنِيَّتَيْن وفي الأجهزةِ البَصَريَّةِ الأُخرى (أُنْظُر ص ٤٤ وَ٤٥).

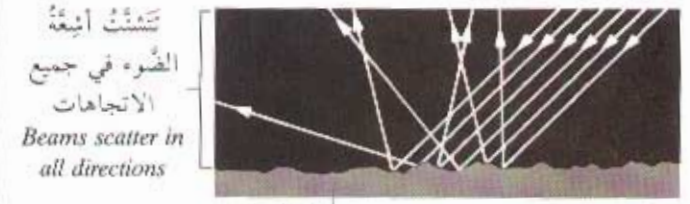
SEEING BY REFLECTED LIGHT الإبصارُ بالضَّوءِ المُنْعَكِس

REFLECTING AND REFRACTING الِانعِكاسُ والِانكِسار

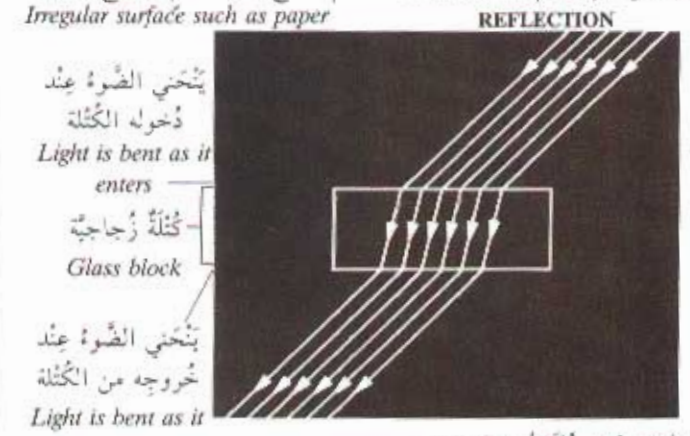
الرُّسُومُ التَّوضيحيَّةُ أدناه تُبيِّنُ واقِعَ انعِكاسِ حُزَمٍ مُتوازيةٍ من الأشِعَّةِ الضَّوئيَّةِ انعكاسًا مُنْتظمًا وغيرَ مُنْتظِمٍ وكذلك انكِسارِها عَبْرَ كُتْلَةٍ زُجاجيَّة.



REGULAR REFLECTION انعِكاسٌ مُنْتظِم



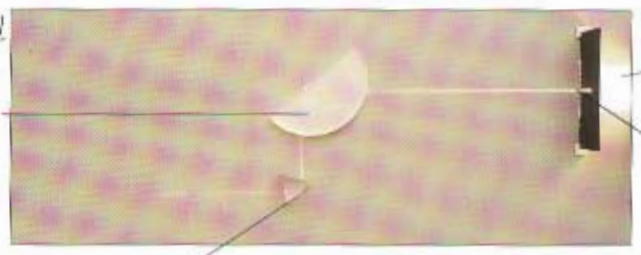
IRREGULAR REFLECTION انعِكاسٌ غَيْرُ مُنْتظِم



REFRACTION IN A GLASS BLOCK الِانكِسارُ في كُتْلَةٍ زُجاجيَّة

TOTAL INTERNAL REFLECTION إنعِكاسٌ دَاخليٌّ كُلّيّ

عِنْدَ انْتِقالِ الضَّوءِ من وَسَطٍ إلى آخَرَ، مِن الزُّجاجِ إلى الهواء مَثَلًا، يَنْعَكِسُ منه عادةً بعضُ الضَّوء. وعندما تَبْلُغُ زاويةُ الضَّوءِ السَّاقِطِ على الحَدِّ الفاصِلِ بين الوَسَطَيْنِ زاويةً مُعَيَّنةً - تُدعى **الزاويةَ الحرِجَةَ**، ينعكِسُ كُلُّ الضَّوءِ مُرْتَدًّا في **أنعِكاسٍ داخليٍّ كُلّيّ**. ويُستَفادُ من هذه الظاهرةِ في المِنْظارِ ذي العَيْنِيَّتَيْن، حيثُ يُتَّقى المَسارُ الضَّوئيُّ بالمَوشُورات فيُمكِنُ احتواؤه داخِلَ غِلافٍ مُدَعَّم (قَصيرِ المَدى).



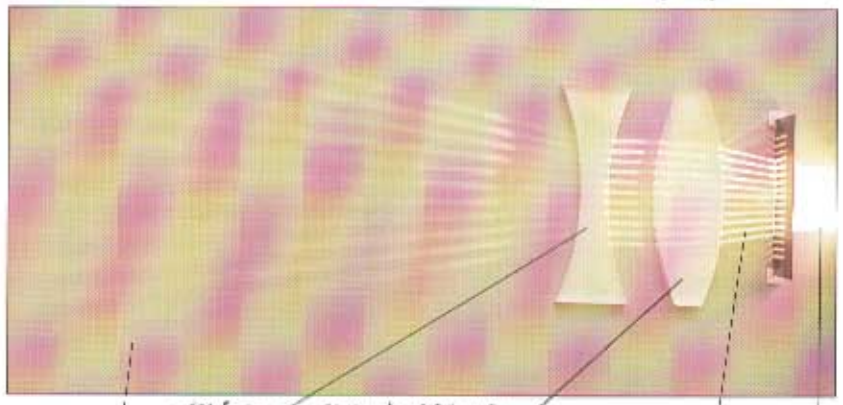
DEMONSTRATION OF TOTAL INTERNAL REFLECTION تَمثيلٌ بيانيٌّ لِلانعِكاسِ الدّاخليِّ الكُلّيّ

BINOCULARS مِنْظارٌ ذو عَيْنِيَّتَيْن

LENSES AND MIRRORS العَدَساتُ والمَرايا

الصُّوَرُ أدناهُ تُبيِّنُ كيفيَّةَ تأثُّرِ أشِعَّةِ الضَّوءِ، المُنبَعِثةِ من مَصدرٍ ضوئيّ، بالمَرايا والعَدساتِ **المُقَعَّرةِ والمُحَدَّبة**. المَرايا والعَدساتُ المُحَدَّبةُ ذاتُ سُطوحٍ تَتَقَوَّسُ نحوَ الخارجِ؛ بينما تَتَقَوَّسُ سطوحُ المرايا والعَدساتِ المُقَعَّرةِ نحوَ الدّاخل. العَدساتُ المُحَدَّبةُ، أسْمَكُ في وَسَطِها منها في أطرافِها بينما العَدساتُ المُقَعَّرةُ أسْمَكُ في أطرافِها منها في وَسَطِها.

العَدسةُ المُقَعَّرة (تُفَرِّقُ الأشِعَّةَ الضوئيّة) CONCAVE LENS (BENDS LIGHT OUTWARDS)



أشِعَّةُ الضَّوءِ مُنطلِقةٌ في خُطوطٍ مُستقيمة
Light rays travel out in straight lines

عَدسةٌ مُحَدَّبةٌ تُحوِّلُ الأشِعَّةَ المُتباعِدةَ إلى أشِعَّةٍ مُتوازيةٍ
Convex lens bends diverging rays into parallel beams

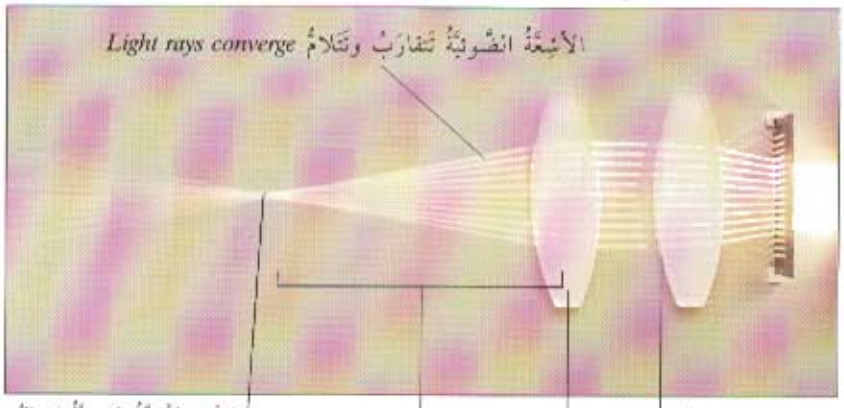
عَدسةٌ مُقَعَّرة
Concave lens

تَفَرُّقُ الأشِعَّةِ الضوئيَّةِ وتَباعُد
Light rays diverge

مَصدرٌ ضوئيّ
Light source

مِرآةٌ مُحَدَّبة
Convex mirror

العَدسةُ المُحَدَّبة (تُجَمِّعُ الأشِعَّةَ الضوئيّة) CONVEX LENS (BENDS LIGHT INWARDS)



الأشِعَّةُ الضَّوئيَّةُ تَتقارَبُ وتَتلاقَ
Light rays converge

تلاقي الأشِعَّةِ الضوئيَّةِ في البُؤرة (النُّقطةِ البُؤريَّة)
Light focused to a point

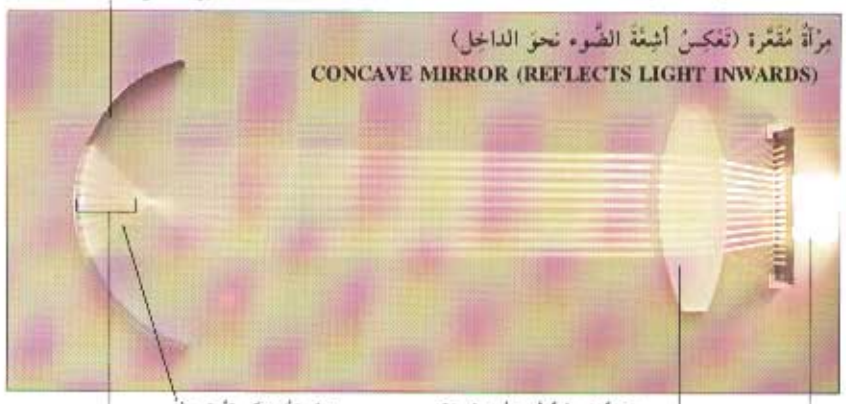
البُعدُ البُؤريّ
Focal length

عَدسةٌ مُحَدَّبة
Convex lens

العَدسةُ المُحَدَّبةُ الأولى تُنتِجُ أشِعَّةً مُتوازيةً
First convex lens produces parallel beams

مِرآةٌ مُقَعَّرة
Concave mirror

مِرآةٌ مُقَعَّرة (تَعكِسُ أشِعَّةَ الضَّوءِ نحوَ الداخل) CONCAVE MIRROR (REFLECTS LIGHT INWARDS)



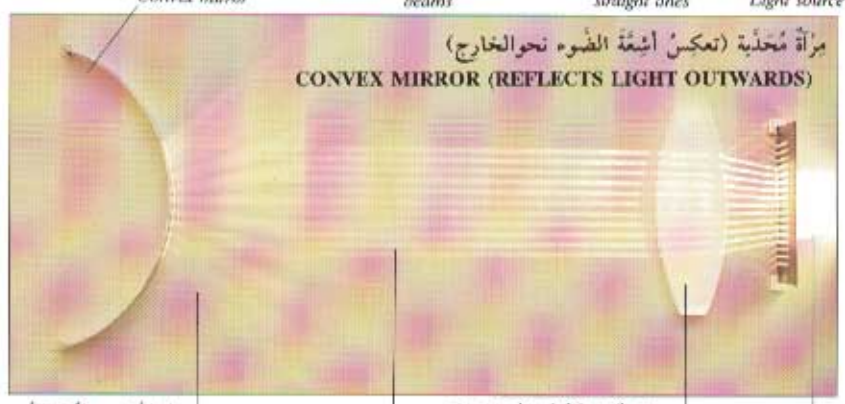
البُعدُ البُؤريّ
Focal length

الأشِعَّةُ الضَّوئيَّةُ تَتلاقَ بَعدَ انعِكاسِها
Light rays converge as they reflect

عَدسةٌ مُحَدَّبةٌ تُحوِّلُ الأشِعَّةَ المُتباعِدةَ إلى أشِعَّةٍ ضوئيَّةٍ مُتوازيةٍ
Convex lens bends diverging rays into parallel beams

مَصدرٌ ضوئيّ
Light source

مِرآةٌ مُحَدَّبة (تعكِسُ أشِعَّةَ الضَّوءِ نحوالخارج) CONVEX MIRROR (REFLECTS LIGHT OUTWARDS)



الأشِعَّةُ الضوئيَّةُ تَتَفَرَّقُ وتَتباعَدُ عِندَ انعِكاسِها
Light rays diverge as they reflect

أشِعَّةٌ ضوئيَّةٌ مُتوازيةٌ
Parallel light rays

عَدسةٌ مُحَدَّبةٌ تُحوِّلُ الأشِعَّةَ المتباعِدةَ إلى أشِعَّةٍ ضوئيَّةٍ مُتوازيةٍ
Convex lens bends diverging rays into parallel beams

مَصدرٌ ضوئيّ
Light source

IMAGE FORMATION تكوُّنُ الصُّوَر

تُستَخدَمُ العَدساتُ المُحَدَّبةُ لإسقاطِ الصُّوَرِ على بِتارةٍ (أو شاشة)، لأنَّها تُرَكِّزُ أشِعَّةَ الضَّوءِ في نُقطةٍ بُؤريَّة. وينبَغي أنْ تكونَ البِتارةُ على بُعدٍ مُعيَّنٍ حيثُ تَتأثَّرُ الأشِعَّةُ لإنتاجِ صورةٍ واضِحةٍ. فقطُ الأجسامِ الواقِعةِ ضِمنَ مَدًى من الأبعادِ عنِ العَدسةِ، يُدعى **عُمقَ المَجال**، يُمكِنُ رُؤيتُها في المَرَّةِ الواحدة.

العَدَسات LENSES

العَدساتُ المُقَعَّرةُ تجعَلُ الأجسامَ تَبدو أصغَرَ، وتُوفِّرُ أيضًا مَجالَ إبصارٍ أوسَعَ. الأجسامُ الواقِعةُ ضِمنَ البُعدِ البُؤريِّ لِعَدسةٍ مُحَدَّبةٍ تَبدو مُكَبَّرةً.

تُركَّبُ أحيانًا عَدسةٌ مُقَعَّرةٌ في النّافذةِ الخلفيَّةِ للمَركَبةِ لِتَحسينِ مَجالِ الرؤيةِ لِلسائق
A concave lens is often fitted to the rear window of a vehicle to improve a driver's field of vision

عَدسةٌ مُحَدَّبة CONVEX LENS

تُستخدَمُ العَدسةُ المُحَدَّبةُ كعَدسةٍ مُكَبِّرة
A convex lens can be used as a magnifying glass

عَدسةٌ مُقَعَّرة CONCAVE LENS

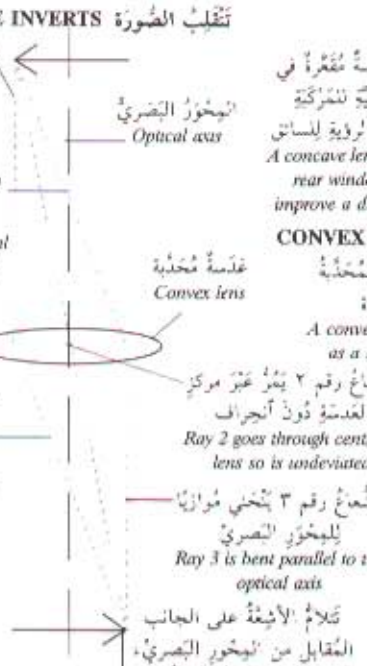
مُرَبَّعاتٌ مُنتَظِمة
Regular squares

تَبدو المُرَبَّعاتُ أصغَرَ عَبرَ العَدسة
Squares appear smaller through lens

مُرَبَّعاتٌ مُنتَظِمة
Regular squares

تَبدو المُرَبَّعاتُ مُكَبَّرةً عَبرَ العَدسة
Squares appear magnified through lens

تَقلُبُ الصُّورة IMAGE INVERTS



الشُّعاعُ رقم ١ يَنطلِقُ مُتوازيًا مع المِحوَرِ البَصريّ
Ray 1 starts parallel to optical axis

المِحوَرُ البَصريّ
Optical axis

الشُّعاعُ رقم ٣ يَمُرُّ في نُقطةِ البُؤرةِ أمامَ العَدسة
Ray 3 goes through the focal point in front of the lens

عَدسةٌ مُحَدَّبة
Convex lens

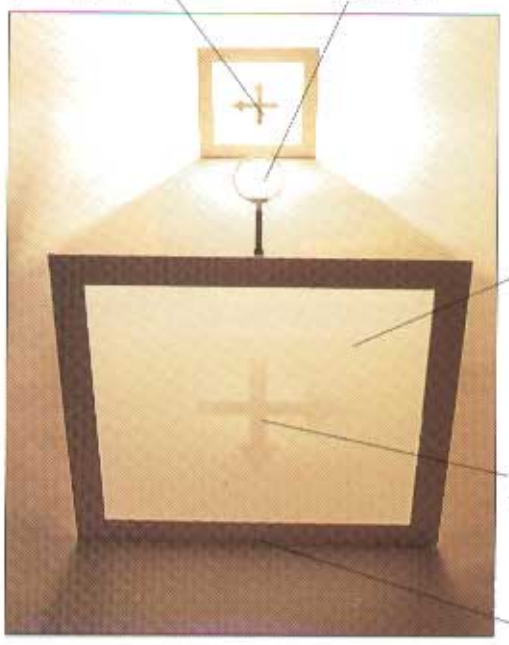
الشُّعاعُ رقم ٢ يَمُرُّ عَبرَ مركزِ العَدسةِ دُونَ انحِراف
Ray 2 goes through centre of lens so is undeviated

الشُّعاعُ رقم ١ يَنعَطِفُ مارًّا بالنُّقطةِ البُؤريَّةِ لِلعَدسة
Ray 1 is bent and goes through focal point of lens

الشُّعاعُ رقم ٣ يَنحني مُوازيًا لِلمِحوَرِ البَصريّ
Ray 3 is bent parallel to the optical axis

تَلاقي الأشِعَّةِ على الجانبِ المُقابِلِ من المِحوَرِ البَصريّ، لِذا فالصورةُ مَقلوبةٌ
The rays focus on the opposite side of the optical axis so the image is inverted

صُورةٌ مُسقَطة PROJECTED IMAGE



سَهمانِ أسْوَدانِ مَرسومانِ على ورقةِ استِتْساخ
Black arrows drawn on tracing paper

عَدسةٌ مُحَدَّبة
Convex lens

بِتارة
Screen

الصُّورةُ مُبأرةٌ على البِتارة
Focused image on screen

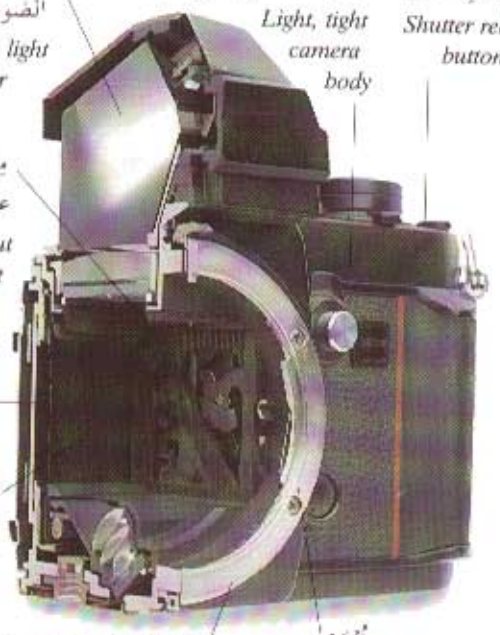
الصُّورةُ مَقلوبةٌ عَموديًّا وأُفُقيًّا
Image is inverted vertically and horizontally

الأَجْهزَةُ البَصَريَّة

تَحوي العَيْنُ البَشَريَّةُ عَدَسةً تُكَوِّنُ صُورةً (على الشَّبكيَّة) بِتَبئيرِ أشِعَّةِ الضَّوء المارَّةِ عَبْرَها. لكِنَّ العَيْنَ عاجزةٌ عن تَسْجيلِ الصُّوَر أو إبصارِ الأجسامِ الصغيرةِ جِدًّا، أو البَعيدةِ جِدًّا. لِذلكَ نَلْجأُ إلى استِخدامِ الأجهزةِ البَصَريَّةِ لِتَحقيقِ ذلك. المُصَوِّرةُ (الكاميرا) مثلًا، تُسَجِّلُ لَنا الصُّوَرَ على فيلمٍ حَسَّاسٍ لِلضَّوء. ولِرُؤيةِ الأجسامِ الصغيرةِ جِدًّا أو البَعيدةِ جِدًّا، يَنْبَغي الحصولُ على صورةٍ مُكَبَّرةٍ تَسْتَطيعُ العَيْنُ تبيُّنَها. وباستِخدامِ المِجْهَرِ المُرَكَّبِ نَحْصُلُ على صورةٍ مُكَبَّرةٍ لِجِسْمٍ صغيرٍ جِدًّا بالضَّوء الصادرِ مِنه أو عَنه. كذلك، وبِطَريقةٍ مُماثلةٍ نَحْصُلُ بالمِقراب (التِلِسْكوب) على صُورةٍ مُكَبَّرةٍ لِجِسْمٍ بَعيدٍ جِدًّا. هُنالِكَ حُدودٌ لِمَدَى استِخدامِ الأجهزةِ البَصَريَّة؛ فحَتَّى العَدَساتُ الأكثرُ دِقَّةً تُعاني من **الزَّيغِ اللَّونيّ** (أُنْظُر الصفحةَ المقابلة) – وهو مُشكلةٌ لا يُمكِنُ تَجاوزُها إلّا باستِخدامِ أزواجٍ من العَدَساتِ تُعرَفُ **بالثُّنائيّاتِ اللّالَونيّة** (الأكروماتيّة).

CAMERA (الكاميرا) المُصَوِّرة

رَسْمٌ القِطاعيُّ أدناهُ يُبيِّنُ المَعالِمَ الرَّئيسيَّةَ لِمُصَوِّرةٍ ذاتِ الصورةِ المُنعكِسةِ الأحاديةِ العَدسة. تَبْأرُ أشِعَّةُ الضَّوء بعدَسةٍ أو بِمَجموعةِ عَدَساتٍ على فيلمٍ في مُؤخِّرةِ المُصَوِّرة.



مِرْآةٌ مائلةٌ ٤٥° تُقذَفُ بَعيدًا عن مَسارِ الضوء إلى الفيلم
45° mirror has flipped out of the way to allow light onto film

سَطْحُ الفيلم
Film plane

يَصِلُ الضَّوءُ إلى الفيلم عندما يَفْتَحُ هذا العَيْن
Light reaches film only when this shutter opens

يَدْخُلُ الضَّوءُ عَبْرَ عَدَسةٍ مَوصُولةٍ بهذه الفُتْحَة
Light enters through lens attached to this aperture

مُوشُورٌ خُماسيٌّ يُوَجِّهُ الضوءَ نحو مُعَيِّنةِ المَنْظَر
Pentaprism directs light into viewfinder

هيكَلُ المُصَوِّرةِ مَتينٌ وخَفيف
Light, tight camera body

زِرُّ إعتاقِ الغَلَق
Shutter release button

فُتْحَة
Aperture

عدستا المِجْهَرِ تُنتِجانِ معًا صورةً مُكَبَّرة
Together, the lenses in a microscope produce a magnified image

MICROSCOPES (المِيكروسكوبات) المَجاهِر

يتألَّفُ المِجْهَرُ البَصَريُّ الأساسيُّ من عَدَسَتَيْن – الشَّيْبَةِ والعَيْنِيَّة. الشَّيْبَةُ، ذاتُ البُعدِ البُؤري القصير جِدًّا، تُبئِرُ الضَّوء؛ فيَمُرُّ ضَوْءًا داخِلَ أنبوبِ المِجْهَر، ويُبأرُ ثانيةً بواسطةِ العَيْنِيَّةِ إلى داخِلِ العَيْن.

مِجْهَرٌ مُرَكَّب
COMPOUND MICROSCOPE

العَيْنِيَّة
Eyepiece

كُعَيْرَةُ التَّبئير
Focusing knob

الشَّيْبَاتُ المُختلِفةُ تُعطي تكبيرًا مُختلِفًا
Different objective lens gives different magnification

بُرَيْجٌ دوّارٌ ثُلاثيُّ الشَّيْبات
Three objective turret

شَيْبَة
Objective lens

شَريحةٌ زُجاجيَّةٌ مُنْزَلِقة
Glass slide

عَيِّنَة
Specimen

مِنَصَّةُ المِجْهَر
Stage

مِرْآةٌ مُزَوَّاة
Angled mirror

قاعِدةُ المِجْهَر
Base

مَسارُ الضَّوءِ عَبْرَ المِجْهَر
LIGHT PATH THROUGH MICROSCOPE

العَيْن
Eye

الضَّوءُ يَدْخُلُ العَيْن
Light enters eye

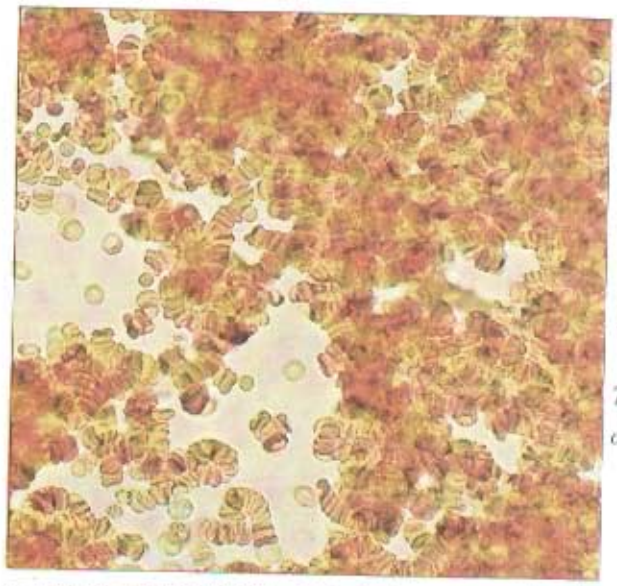
العَيْنِيَّةُ تُبْئِرُ الضَّوء
Eyepiece lens focuses light

يَمُرُّ الضَّوءُ عَبْرَ أنبوبِ المِجْهَر
Light passes through body of microscope

الشَّيْبَةُ تُبْئِرُ الضَّوءَ من العَيِّنَة
Objective lens focuses light from specimen

عَيِّنَةٌ مُعَدَّةٌ فوقَ شَريحةٍ مُنْزَلِقَة
Prepared specimen placed on slide

المِرْآةُ تُوَجِّهُ الضَّوءَ عَبْرَ العَيِّنَة
Mirror directs light through the specimen



كُرَيّاتُ دَمٍ حمراءَ مرئيَّةٌ عَبْرَ المِجْهَر
RED BLOOD CELLS SEEN THROUGH MICROSCOPE

المَقارِيب (التِلِسْكُوبات) TELESCOPES

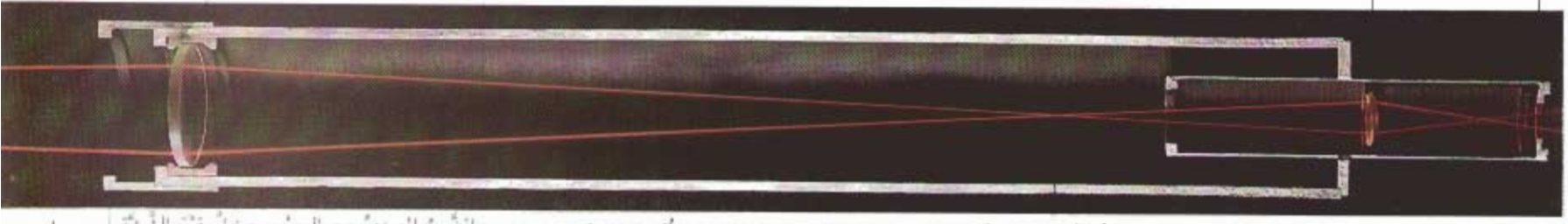
عَدَسَةُ الشَّيْئِيَّة في مُقَدَّمَةِ المِقْراب الكاسِر تُجَمِّعُ الضَّوءَ وتبْئِرُهُ تَكْوِينَةً صورةً في أُنْبوبِ المِقْراب. هذه الصُّورةُ تُكَبِّرُها عَدَسَةُ العَيْنِيَّة تكبيرًا ضَخْمًا. في المِقْراب العاكِس تُسْتَخْدَمُ بدلَ العدسةِ الشَّيْئِيَّة مِرْآةٌ مُكافِئَةٌ لِمَقْطَع.

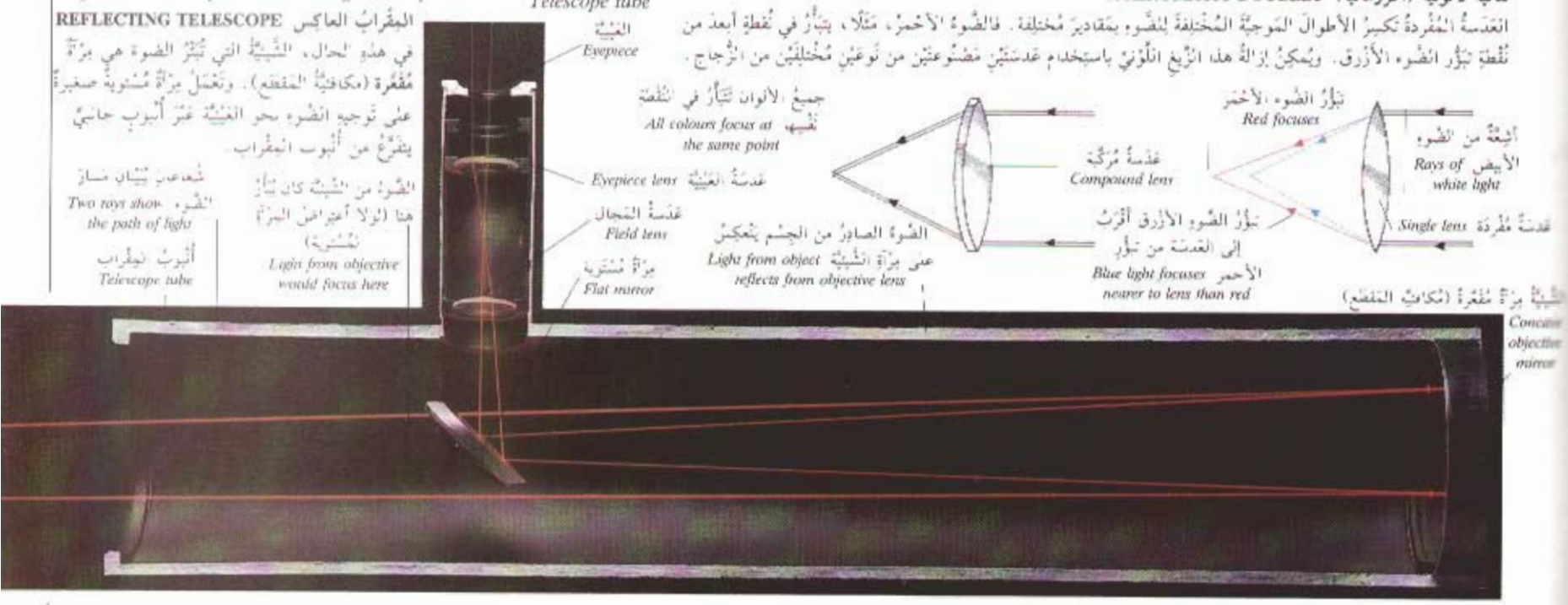
صُورةٌ تِلِسْكُوبِيَّة لِلقَمَر TELESCOPE IMAGE OF THE MOON

كُلَّما أَزْدادَ الفَرْقُ بين البُعْدِ البُؤري لِلشَّيْئِيَّة والبُعْدِ البُؤري لِلعَيْنِيَّة في المِقْراب (التِلِسْكُوب) تَزْدادُ قُوَّةُ التَّكْبير. والشَّيْئِيَّةُ الأكبرُ تُعطي صورةً أسْطَعَ لِتكبيرٍ مُحَدَّد.

المِقْرابُ الكاسِر REFRACTING TELESCOPE

الشَّيْئِيَّةُ المُحَدِّبَةُ المثبتةُ في مُقَدَّمةِ المِقْراب تُبْئِرُ الضَّوءَ من نَجْمٍ بعيد. ثُمَّ العَيْنِيَّةُ مُرَكَّبَةٌ في أُنْبوبٍ يُمَكِّنُ تحريكَهُ نحوَ داخلِ أُنْبوبِ المِقْراب وخارجَهُ، لِتَضْبيطِ تَلَقِّي الصُّورة





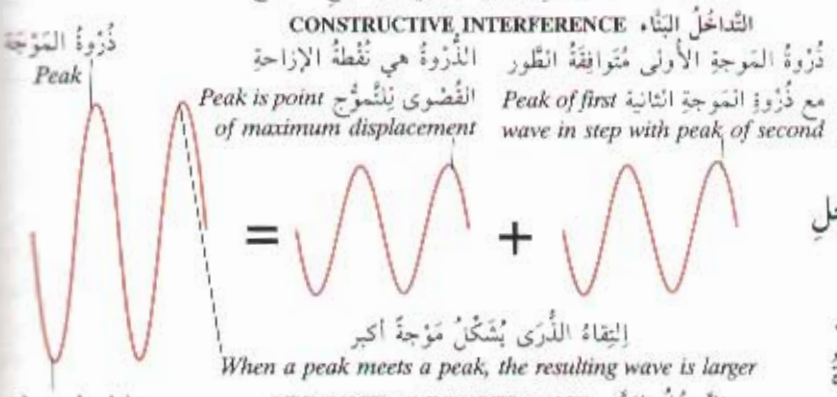
السُّلُوكُ المَوْجِيُّ

كُلُّ أنواعِ الأمواجِ يُمكِنُ أنْ تَتَّحِدَ أو تَتَداخَل. فإذا تداخلَتْ مَوْجَتانِ مُتوافِقتا الطَّورِ، بحيثُ تَتَطابقُ ذُراهُما، **فالتَّداخُلُ** يُنْتِجُ مَوجةً أكبَرَ من المَوجة الأصليَّة **(بالتَّداخُلِ البَنَّاء)**. أمَّا إذا تداخلَتْ مَوجتانِ مُتَضادَّتا الطَّور، فالذُّرَى في واحدةٍ تُلْغي البُطونَ (القَرارات) في الأُخرى **(بالتَّداخُلِ الهَدَّام)**. وحيثُ تكونُ المَوجتانِ مُتَساويَتَي المِقْدار، فيُمكِنُ أن تُلْغِيا واحِدَتُهما الأُخرى تمامًا. كذلك فإنَّ الأمواجَ قد **تَنْعَرِجُ (بالحيود)** عِنْد مُرورِها حولَ الأجسامِ أو عِنْدَ عُبورِها فُتْحاتٍ صَغيرة. ويُمكِنُ مُشاهدةُ التَّداخُلِ والإنعِراج (الحُيُود) في الأمواج المائيَّةِ باستِخدام حَوْضِ التَّمَوُّج. إنَّ الألْوانَ التي تُرى في فَقاقيعِ الصابون هي نَتيجةُ إزالَةِ بَعْضِ الألْوان من طَيْفِ الضَّوءِ الأبيضِ بالتَّداخُلِ الهَدَّام لأشِعَّةِ الضَّوء المُنْعكِسَةِ على السَّطْحِ الأماميِّ والخَلْفيِّ لِغشاءِ الفُقَّاعة. اللَّيْزَر أحَدُ مَصادِرِ أمواجِ الضَّوء النَّقيَّة جِدًّا. وضَوءُ اللَّيْزَر مُتَّسِقٌ مُتَماسِكٌ، أي إنَّ كُلَّ أمواجِه مُتَوافقةُ الطَّور ومُتَساويةُ الطُّولِ المَوجيّ تمامًا. يُنْتَجُ الضَّوءُ اللَّيزريُّ بعمليَّةِ الإبتِعاثِ المُسْتَثار، التي يَقْتَضي أستِيعابُها مَفْهومًا جُسَيميًّا لِلضَّوء **كفُوتُونات** (أُنْظُر ص ٣٨)، بالإضافةِ إلى المَفْهومِ المَوجيّ.

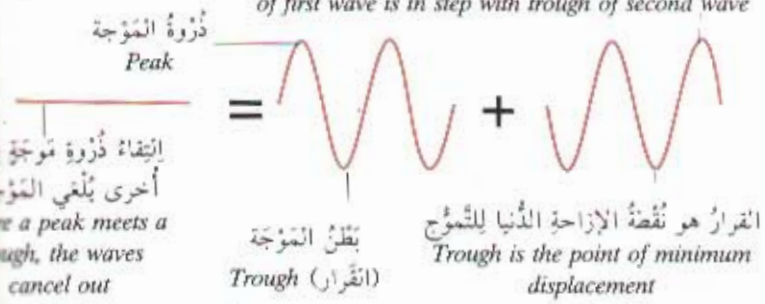
PRINCIPLE OF SUPERPOSITION مَبْدَأُ التَّراكُب

عِنْدَ إلتِقاءِ مَوجتَيْنِ فإنَّهما تَتَضامَّانِ أو تَتَداخَلان، فتَتَضايَفُ قِيَمُهُما المُنْفَرِدة. ويُسَمّى هذا مَبْدأَ التَّراكُب؛ وهو عامٌّ في كُلِّ أنواعِ الأمواج.

CONSTRUCTIVE INTERFERENCE التَّداخُلُ البَنَّاء

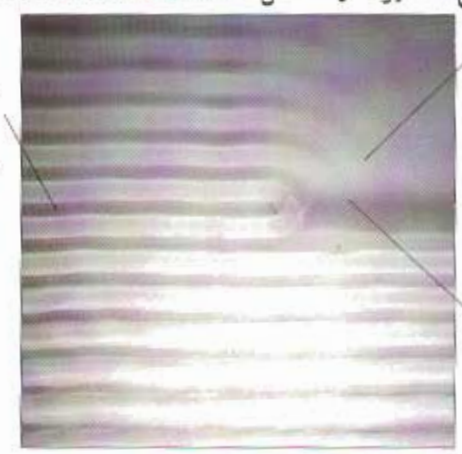


DESTRUCTIVE INTERFERENCE التَّداخُلُ الهَدَّام



DIFFRACTION AND INTERFERENCE الإنعِراجُ (الحُيُود) والتَّداخُل

الإنعِراجُ عَبْرَ ثَقْبٍ صَغير
DIFFRACTION THROUGH SMALL HOLE



الإنعِراجُ الحافِيُّ **EDGE DIFFRACTION**

RIPPLE TANK حَوْضُ التَّمَوُّج

لَعَلَّ الطريقةَ الفُضْلَى لِمُشاهدةِ الإنعِراجِ والتَّداخُلِ المَوجيّ هي باستِخدامِ حَوْضِ التَّمَوُّج. في هذا الحَوْضِ يُوَلِّدُ الحائلُ المُتَحَرِّكُ (المُتَذَبْذِب) صُعُودًا وهُبُوطًا أمواجًا مُسْتَوِيةً في الماءِ الضَّحْل. هذه الأمواجُ تَنْعطِفُ حَوْلَ الحوافّ، وتُنْتِجُ أمواجًا نِصْفَ دائريَّةٍ بَعْدَ مُرورِها عَبْرَ ثَقْبٍ صَغير.

التَّداخُل **INTERFERENCE**

التَّداخُلُ في الأَغْشِيةِ الرَّقيقة
THIN FILM INTERFERENCE

يَنْعكِسُ الضَّوءُ الأبيضُ على السَّطْحَيْنِ الأماميّ والخَلْفيّ لِغِشاءِ فُقّاعةِ الصابون؛ فتتداخَلُ أشِعّةُ الضَّوءِ المُنْعكِسةُ. وبالتَّداخُلِ الهَدّام، يَفْقِدُ الضَّوءُ الأبيضُ بعضَ الأطوالِ المَوجيّةِ، وبالثّاني بعضَ الألوان. أمّا أيُّ الألوانِ تُفْقَدُ فهذا يَعْتَمِدُ على ثَخانةِ الغِشاء.

فُقّاعةُ صابون *Soap bubble*

في هذه النُّقْطة، ثَخانةُ الغِشاءِ ١ × ١٠⁻⁷م
At this point, film is 1×10^{-7}m thick

في هذه النُّقْطة، ثَخانةُ الغِشاءِ ٣ × ١٠⁻⁷م
At this point, film is 3×10^{-7}m thick

في هذه النُّقْطة، ثَخانةُ الغِشاءِ ٥ × ١٠⁻⁷م
At this point, film is 5×10^{-7}m thick

في هذه النُّقْطة، ثَخانةُ الغِشاءِ ٦ × ١٠⁻⁷م
At this point, film is 6×10^{-7}m thick

في هذه النُّقْطة، ثَخانةُ الغِشاءِ ٨ × ١٠⁻⁷م
At this point, film is 8×10^{-7}m thick

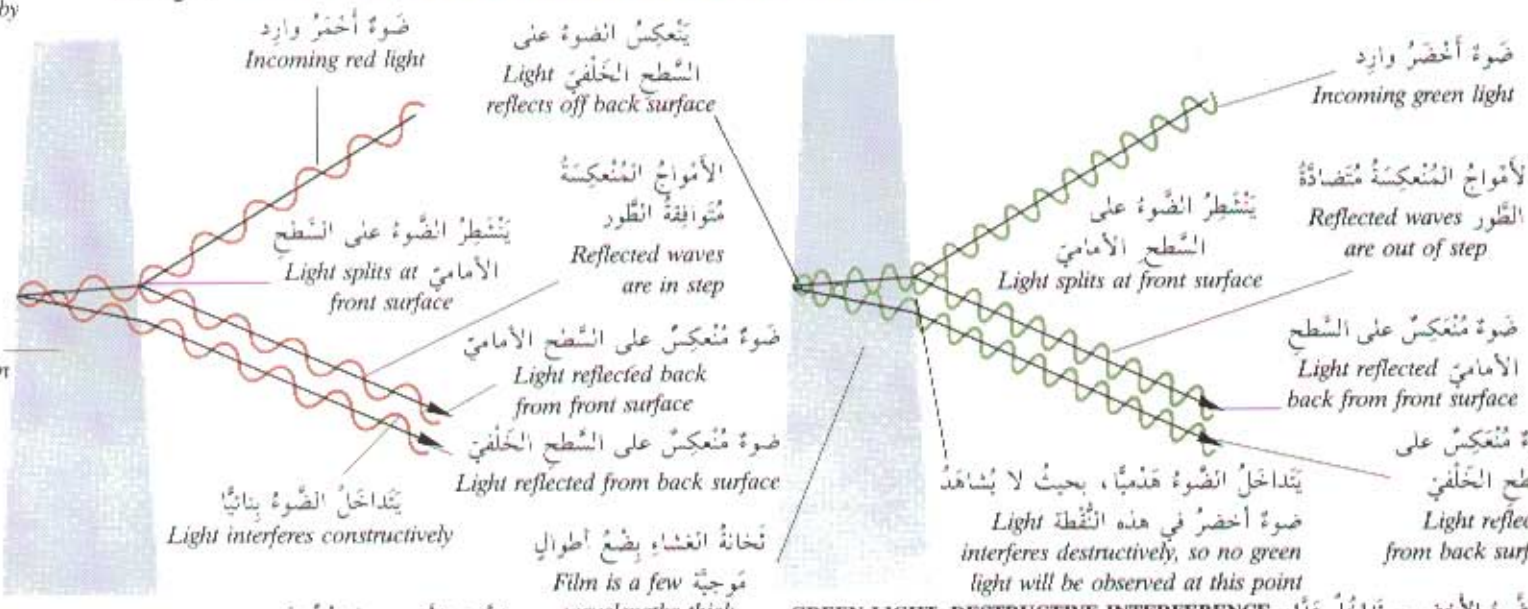
أَلْوانٌ نَتَجَتْ بالتَّداخُل
Colours produced by interference

طَاس *Bowl*

الغِشاءُ عَموديٌّ حيثُ تَلْتقي فُقّاعتان
Vertical film where two bubbles meet

فُقّاعةُ صابون *Soap bubble*

قاعُ الغِشاءِ أَثْخَنُ بانصرافِ الماءِ سَفْلًا
Film is thicker at bottom as water drains down



الضَّوءُ الأحمر – تَداخُلٌ بِنّاء RED LIGHT, CONSTRUCTIVE INTERFERENCE

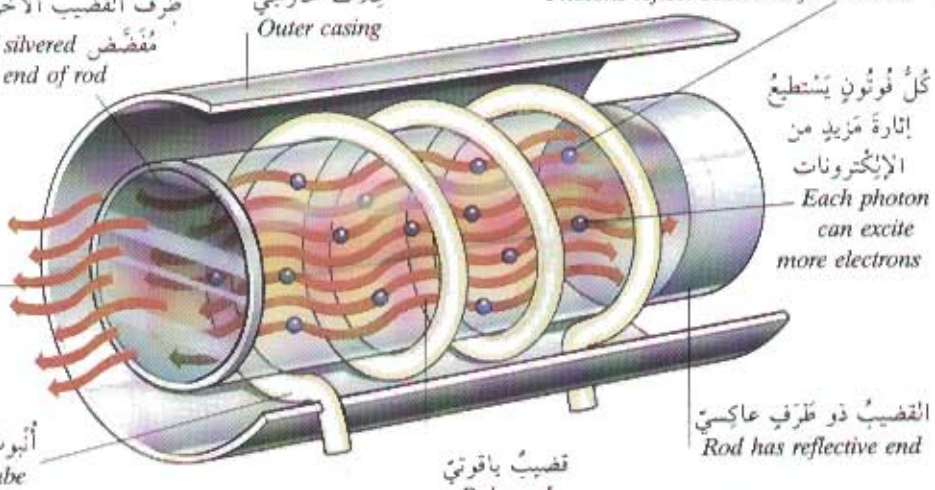
الضَّوءُ الأخضر – تَداخُلٌ هَدّام GREEN LIGHT, DESTRUCTIVE INTERFERENCE

اللَّيازِر LASERS

الإِبْعاثُ المُسْتَثار STIMULATED EMISSION

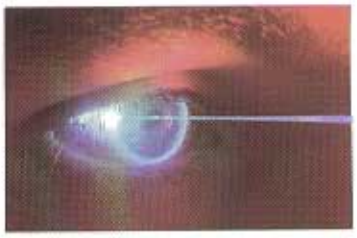
يَسْلُكُ الضَّوءُ كأمواجٍ وكجُسَيماتٍ (أُنْظُر ص ٣٨). الضَّوءُ اللَّيْزَريُّ له كُلُّ خَصائصِ السُّلُوكِ المَوجيّ كالتَّداخُل والانْبِراج. لكِنْ لِفَهْمِ عَمَلِ اللَّيْزَرِ، يَنْبَغي اعْتِبارُ الضَّوءِ مُؤَلَّفًا من جُسَيماتٍ، تُدعى **فُوتُوناتٍ** – يُبْعَثُ الفُوتُونُ منها نَتيجةَ اسْتِثارةِ **إِلِكْترونٍ** مُثارٍ بفُوتُونٍ آخَرَ ضِمْنَ اللَّيْزَر.

فُوتُوناتٌ تَنْعكِسُ جَيْئةً وذَهابًا في الداخِل
Photons reflect back and forth inside

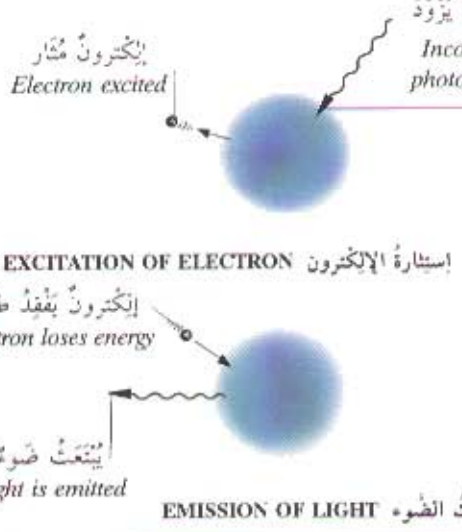


لَيْزَرٌ ياقوتيّ RUBY LASER

الجِراحةُ اللَّيْزَريّة LASER SURGERY



حُقِنَتِ اللَّيازِرُ إِنجازاتٍ شَتّى في حَقْلِ الطِّب. هنا، تُسْتَخْدَمُ حُزْمَةٌ لَيْزَريّةٌ في تَدْمير ساذٍ في عَينِ الشَّخصِ المُعالَج.



إِسْتِثارةُ الإِلِكْترون EXCITATION OF ELECTRON

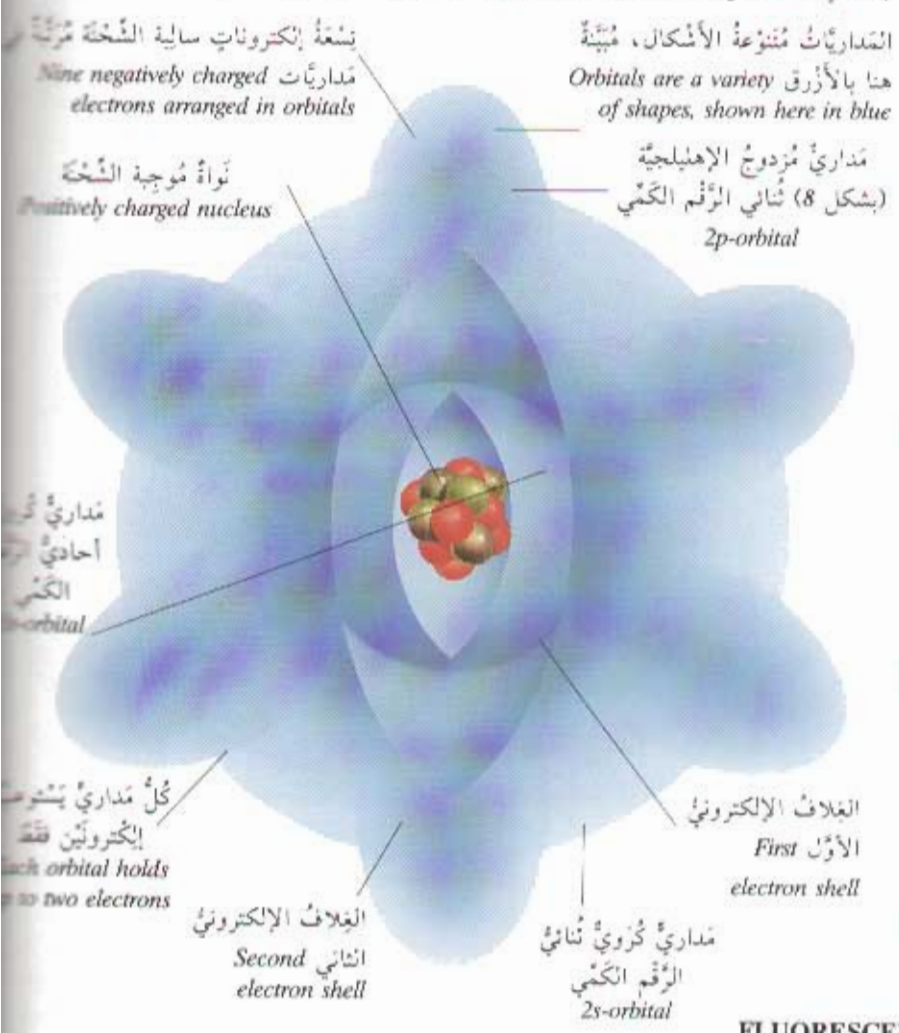
إِبْعاثُ الضَّوء EMISSION OF LIGHT

الذرَّاتُ والإلِكْترونات

المادَّةُ العاديَّةُ بِمُختلفِ أشكالِها تتألَّفُ من جُسَيماتٍ دقيقةٍ تُدعى **ذرَّات**، يتواجَدُ منها طَبيعيًّا ٩٢ نَوعًا. على العموم، تتألَّفُ الذرَّةُ من **نواةٍ** مَرْكَزيَّة مُوجِبَةِ الشَّحْنَة (أُنْظُر ص ٥٠ و٥١) يُحيطُ بِها عَددٌ من **الإلِكْترونات** السَّالبةِ الشَّحْنَة. **العُنْصُر** مادَّةٌ تتألَّفُ من نوعٍ واحدٍ فقَطْ من الذرَّات؛ وتَحوي ذرَّاتُ العناصِرِ المُختلِفةِ عَددًا مُختلِفًا من الإلِكْترونات. فالذرَّةُ من عُنْصر الفُلُور، مثلًا، تَحوي تِسْعَةَ إلِكْترونات. إلِكْتروناتُ الذرَّة لا تَتَّبِعُ مَساراتٍ مُحَدَّدةً في دَوَرانها حَوْلَ النواة – كما الكواكبُ في مَداراتِها حَوْلَ الشَّمْس، بل هي تَدورُ في نُطَقٍ تُدعى **مَداريَّات**. الإلكتروناتُ في المَداريَّاتِ القريبةِ من النَّواة ذاتُ طاقةٍ أخفضَ من إلكترونات المَداريَّات الأبعد – فيُقال إنَّها في **الغِلاف** الإلكترونيّ الأوَّل. إلِكْتروناتُ الغِلافِ الثاني ذاتُ طاقةٍ أكبَر. عندما يُطلِقُ إلكترونٌ **مُثارٌ** طاقَتَهُ، بهُبُوطه إلى غِلافٍ أخْفَضَ، فإنَّ الطاقةَ تُبْتَعَثُ كطاقةٍ ضَوئيَّة (لاحراريَّة) ويُعرَفُ هذا **بالضِّيائيَّة**. يُمكِنُ فَصْلُ الإلِكْتروناتِ عن ذرَّاتها بطُرُقٍ مُتَعَدِّدةٍ. ففي **أنْبوبِ الأشِعَّة الكاثوديَّة** يَنْتَزِعُ مَجالٌ كهربائيٌّ قَويٌّ الإلكتروناتِ بَعيدًا عن ذرَّاتها. والإلكتروناتُ الطليقةُ في الأُنبوب تتأثَّرُ **بالمَجالاتِ الكهربائيَّةِ والمِغْنَطيسيَّة**. تُسْتَخْدَمُ أنابيبُ الأشِعَّةِ الكاثوديَّة في التلفزيون، حيثُ تُكَوِّنُ حُزَمُ الأشِعَّةِ من الإلِكْتروناتِ الطَّليقة الصُّورةَ على الشَّاشة.

سَبْرُ ذَرَّة الفُلُور ANATOMY OF A FLUORINE ATOM

تَحوي ذَرَّةُ الفُلُور تِسْعَةَ إلكترونات حَوْلَ النَّواة. ففي الغِلافِ الأوَّل يُوجَدُ إلِكْترونان، في مَداريٍّ كُرويٍّ أحاديّ الرَّقْم الكَمّي، وتتواجَدُ الإلِكْتروناتُ السَّبْعةُ الباقيةُ في الغِلافِ الثاني، اثنانِ في مَداريٍّ كُرويٍّ ثُنائيّ الرَّقْم الكَمّي وخمسةٌ في مَداريَّاتٍ مُزْدوجةٍ الإهليلجيَّة حَوْلَ النَّواة ثُنائيّة الرَّقْم الكَمّي.



التَّفَلْوُر (الفَلْوَريَّة) FLUORESCENCE

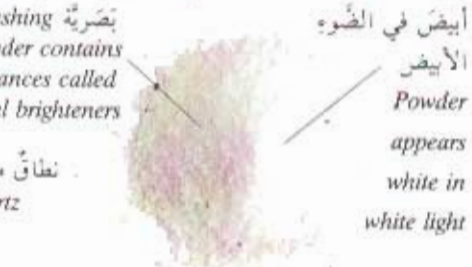
مَسْحُوقُ الغَسيل WASHING POWDER

مَسْحُوقُ الغَسيل يجعَلُ المَلابِسَ ناصعةً لأنَّه يُبْدي نَوعًا من الضِّيائيَّة (أُنْظُر أعلاه) يُسَمّى تَفَلْوُرًا أو فَلْوَريَّة. فالإلِكْتروناتُ حَوْلَ ذرَّاتِ المَسْحوق تُسْتَثارُ إلى مُسْتَوياتِ طاقَةٍ أعلى بالطاقةِ الواردة (في هذه الحالِ من أشِعَّةِ الضَّوءِ فوقَ البَنَفْسَجيَّة اللَّامَرئيَّة في ضوءِ النهار). ثُمَّ تعودُ على التَّوِّ إلى مُسْتَواها الأصليّ مُبْتعِثةً الطاقةَ كَضوءٍ مَرئيّ. وهذا الضَّوءُ المُبْتَعَثُ يُكْسِبُ المَلابِسَ نُصوعَها. وتَعْتَمِدُ شِدَّةُ الضَّوءِ على الفَرْقِ الطاقيّ بين مُسْتَويَيِ الغِلافَيْنِ الأعلى والأخْفَض.

يَبْدو المَسْحوقُ أبيَضَ في الضَّوءِ الأبيض
Powder appears white in white light

مَسْحُوقُ الغَسيل يَحوي مُنَضِّعاتٍ بَصَريَّة
Washing powder contains substances called optical brighteners

مَسْحُوقُ الغَسيلِ في الضَّوءِ الأبيض
WASHING POWDER IN WHITE LIGHT



في الضَّوءِ الأبيض يَبدو مَعْدِن الوِلَّمَيْت بُنِّيًّا
In white light, willemite appears brown

نطاقٌ من المَرْو (الكُوارتْز)
Region of quartz

مَعْدِنُ الوِلَّمَيْت في الضَّوءِ الأبيض
WILLEMITE IN WHITE LIGHT

يَحوي الوِلَّمَيْتُ الخارصينَ (الزِّنْك) والمَنغنيز
Willemite contains zinc and manganese

مَعْدِنُ الصُّودَلَيْت رَماديُّ اللَّوْن في الضَّوءِ الأبيض
Sodalite is a greyish material in white light

مَعْدِنُ الصُّودَلَيْت في الضَّوءِ الأبيض
SODALITE IN WHITE LIGHT

الأشِعَّةُ فوقَ البَنَفْسَجيَّة غَيْرُ مَرئيَّة، لِذا يَبدو كُلُّ شيءٍ أسْوَدَ
Ultraviolet is invisible, so everything normally looks black

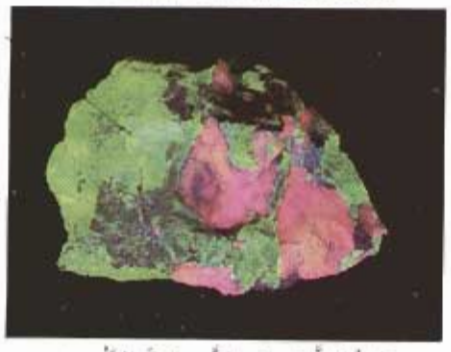
المُنَضِّعاتُ البَصَريَّةُ تَبْتَعِثُ وَهجًا أزرقَ في الضَّوءِ فوقَ البَنَفْسَجيّ
Optical brighteners give off blue glow in ultraviolet light

مَسْحُوقُ الغَسيلِ في الضَّوءِ فوقَ البَنَفْسَجيّ
WASHING POWDER IN ULTRAVIOLET LIGHT

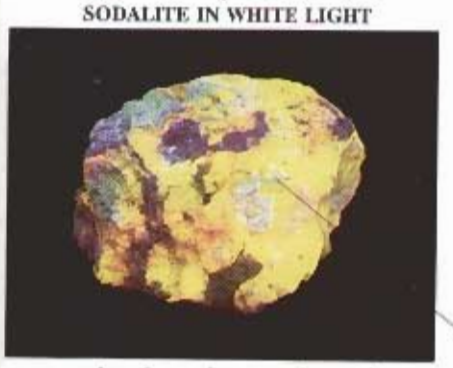
يَبدو الوِلَّمَيْتُ بَرّاقَ الألْوانِ في الضَّوءِ فوقَ البَنَفْسَجيّ
Willemite appears brightly coloured in ultraviolet light

تَمْتَصُّ الإلِكْتروناتُ الضَّوءَ فوقَ البَنَفْسَجيّ وتَبْتَعِثُ ضَوءًا أصْفَر
Electrons absorb ultraviolet and give out yellow light

مَعْدِنُ الوِلَّمَيْت في الضَّوءِ فوقَ البَنَفْسَجيّ
WILLEMITE IN ULTRAVIOLET LIGHT



مَعْدِنُ الصُّودَلَيْت في الضَّوءِ فوقَ البَنَفْسَجيّ
SODALITE IN ULTRAVIOLET LIGHT



أُنبوبُ الأشِعَّة الكاثوديَّة
CATHODE RAY TUBE

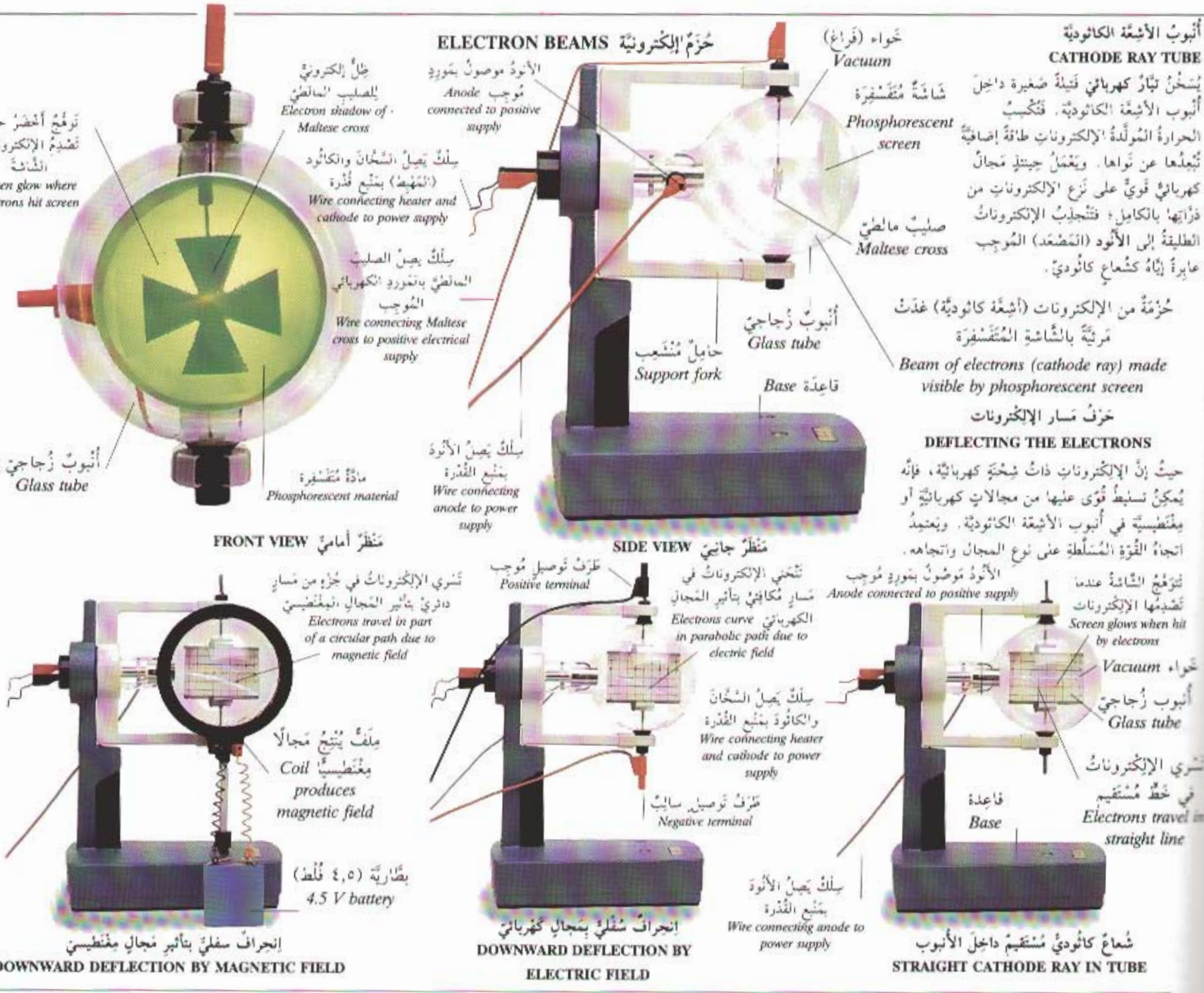
يُسَخِّنُ تيَّارٌ كهربائيٌ فَتيلةً صَغيرة داخِلَ أُنبوب الأشِعَّة الكاثوديَّة. فَتُكسِبُ الحرارةُ المُولَّدةُ الإلكتروناتِ طاقةً إضافيَّةً تُبعِدُها عن نَواها. ويَعْمَلُ حينئذٍ مَجالٌ كهربائيٌ قَويٌّ على نَزع الإلكتروناتِ من ذرّاتِها بالكامِل. فَتَنْجذِبُ الإلكتروناتُ الطليقةُ إلى **الأنود** (المَصْعَد) المُوجِب عابِرةً إيَّاهُ كشُعاعٍ كاثوديّ.

حُزمَةٌ من الإلكترونات (أشِعَّة كاثوديَّة) غدَتْ مَرئيَّةً بالشَّاشةِ المُتَفَسْفِرَة

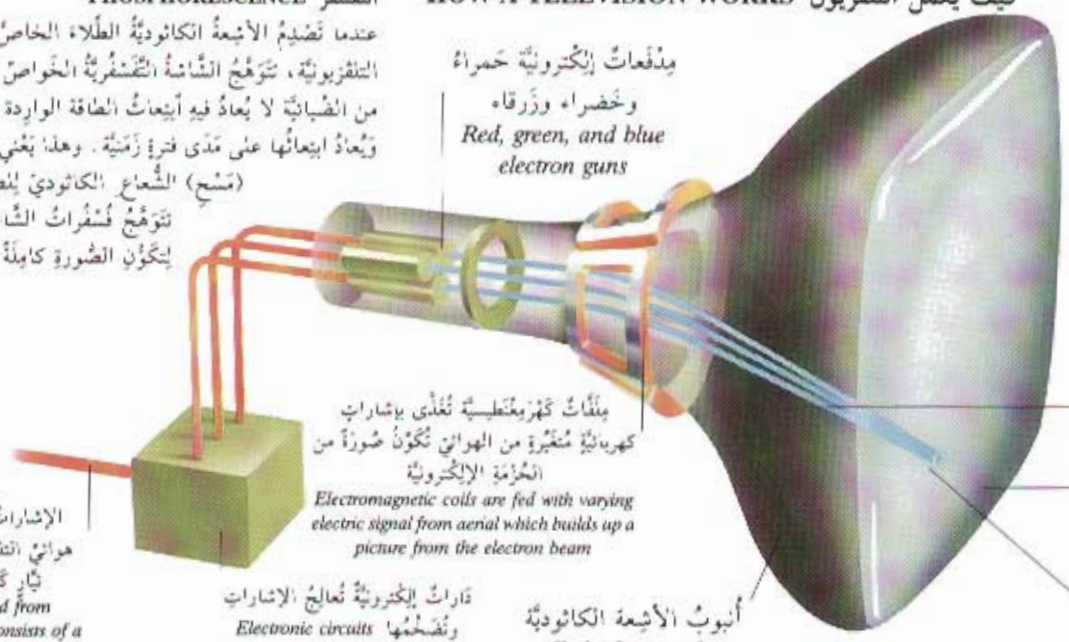
Beam of electrons (cathode ray) made visible by phosphorescent screen

حَرْفُ مَسار الإلكترونات
DEFLECTING THE ELECTRONS

حيثُ إنَّ الإلكتروناتِ ذاتُ شِحْنَةٍ كهربائيَّة، فإنَّه يُمكِنُ تسليطُ قُوًى عليها من مجالاتٍ كهربائيَّةٍ أو مِغْنَطيسيَّة في أُنبوب الأشِعَّة الكاثوديَّة. ويَعتمِدُ اتجاهُ القُوَّةِ المُسَلَّطةِ على نوعِ المجال واتجاهه.



كيفَ يَعْمَلُ التلفزيون HOW A TELEVISION WORKS



التَّفَسْفُر PHOSPHORESCENCE

عندما تَصْدِمُ الأشِعةُ الكاثوديَّةُ الطِّلاءَ الخاصَّ على الشَّاشةِ التلفزيونيَّة، تَتَوهَّجُ الشَّاشةُ التَّفَسْفُريَّةُ الخَواصّ. **والتَّفَسْفُرُ** شَكْلٌ من الضَّبانيَّة لا يُعادُ فيهِ إبْعاثُ الطاقة الواردة فَوْرًا، بَلْ تُخْتَزَنُ ويُعادُ ابعاثُها على مَدى فترةٍ زَمَنيَّة. وهذا يَعْني أنَّه خِلالَ تَفَرُّسِ (مَسْحِ) الشُّعاعِ الكاثوديّ لِلصُّورة بِسُرعةٍ، تَتَوهَّجُ فُسْفُراتُ الشَّاشةِ مُدَّةً كافيةً لِتَكْوِينِ الصُّورةِ كامِلَةً عليها.

حُزَمٌ إلكترونيَّةٌ مُنْحَرِفة
DEFLECTED ELECTRON BEAMS

في داخِلِ مُعْظَمِ الأجهزة التلفزيونيَّة، هُنالِكَ أُنبوبُ أشِعَّةٍ كاثوديَّةٍ تُبْعَثُ في مُؤخَّرته حُزَمٌ إلكترونيَّة. وتُوَلِّدُ مِلَفّاتٌ سِلكيَّةٌ حَوْلَ الأُنبوب مَجالاتٍ مِغْنَطيسيَّةً تَحْرِفُ الحُزَمَ الإلكترونيَّةَ نحو أجزاءٍ مُخْتلِفة من الشَّاشة. والشَّاشةُ نَفْسُها مَطْليَّةٌ بمَوادَّ مُتَفَسْفِرَة تُدعى فُسْفُرات.

حُزَمٌ إلكترونيَّة (أشِعة كاثوديَّة)
Electron beams (cathode rays)

شَاشةٌ مُتَفَسْفِرة
Phosphorescent screen

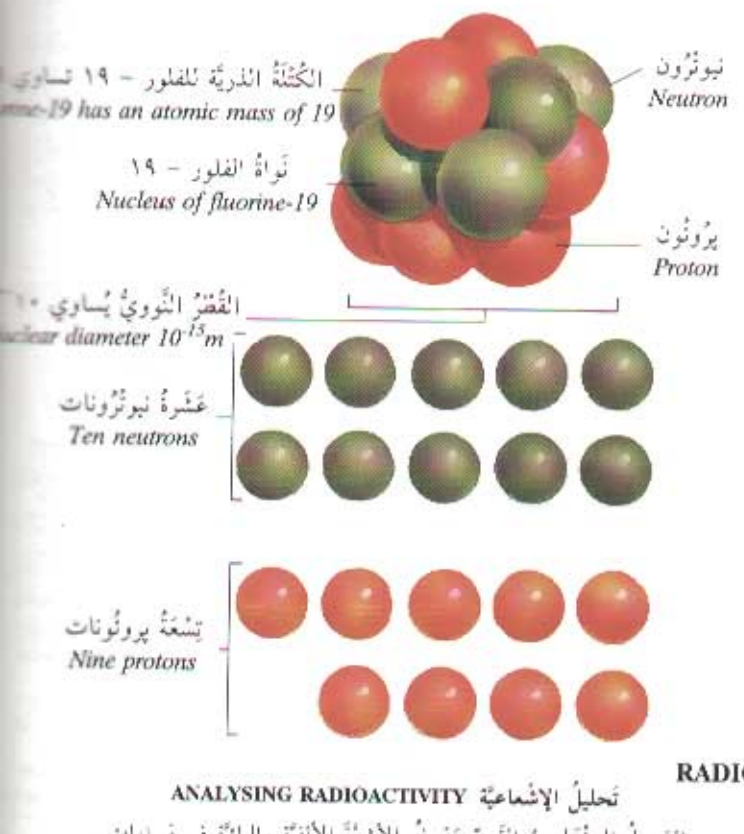
تَتَكَوَّنُ الصُّورةُ بِتوالي المَسْحِ الشُّعاعيّ عَبْرَ الشَّاشة
Picture built up as beams scan across the screen

الفِيزياءُ النَّوويَّة

يُوجَدُ في مَرْكزِ كُلِّ ذرَّة **نَواةٌ** مُوجِبةُ الشَّحْنَة، تَتألَّفُ من **بُروتونات ونيُوترونات**. عَددُ البُروتوناتِ في النَّواة يُدعى **العددَ الذرِّيّ**. هذه البروتوناتُ تَتنافَرُ لأنَّ **شِحْناتِها الكهربائيَّةَ** مُتَماثِلةٌ؛ لكِنَّ النَّواةَ مُتماسِكَةٌ مُتضامَّةٌ رُغْمَ هذا التَّنافُر بفِعْل **القُوَّة النَّواتيَّة الشَّديدة** (أُنْظُر ص ٥٢ و٥٣). ويُحَدِّدُ التَّوازُنُ بين قُوَّةِ التَّنافُر والقُوَّةِ النَّواتيَّةِ الشَّديدةِ اسْتِقرارَ النَّواة أو عَدَمَه. والنَّوى الصغيرةُ، إجمالًا، أكثرُ اسْتِقرارًا من النَّوى الأكبَر، لأنَّ القُوَّةَ النَّواتيَّةَ الشَّديدة أفْعَلُ في نطاقِ المَسافات الضئيلة. والنَّواةُ اللَّامُسْتقِرَّةُ الأكبَرُ، يمكِنُ أن تَتفكَّكَ بنَمطَيْ اضمِحلالٍ رئيسيَّيْن هُما: **الاضمِحلالُ الألفيُّ والاضمِحلالُ البائيّ**، اللَّذَيْن يُنْتِجان **جُسَيماتِ ألفا وبيتا**. وفي كِلا نَوعي الاضمِحلال، يَخْتلِفُ العَدَدُ الذرِّيُّ في النَّواة الجديدةِ عنه في النَّواةِ الأصليَّة نتيجةً لِتَغَيُّر عَددِ البروتونات الحاصِل. ويُمكِنُ لِلنَّوى أيضًا الانفِلاقُ بالكامِل إلى شَقَفَتَيْن أصْغَر، في عمليَّةٍ تُدعى **الانشِطار**. كذلكَ قد تَتضامُّ النَّوى الصغيرةُ في **تفاعُلٍ نَوويٍّ** آخَر، يُسَمَّى **الاندِماج**، لِتُكَوِّنَ نَواةً أكبَر. وكِلا هذين التَّفاعُلَيْن يُطلِقُ كميَّاتٍ ضَخْمةً من الطاقة. فالاندِماجُ هو مَصدرُ مُعْظَم الطاقةِ الشَّمْسيَّة؛ فيما يُسْتَخْدَمُ الانشِطارُ في مَحَطَّات القُدْرة لإنتاجِ الكهرباء.

FLUORINE-19 NUCLEUS ١٩ – نَواةُ الفْلُور

يُحَدِّدُ عَدَدُ البروتونات في نَواة الذرَّة ماهيَّةَ العُنْصُر الذي تُمثِّله تلك الذرَّة. فجميعُ ذرَّاتِ الفلُور، مثلًا، تَحوي تِسْعَةَ بروتُونات. والعَددُ الذرِّيُّ لِلْفلور ٩. لكِنَّ عَدَدَ النيوترونات يُمكِنُ أنْ يَتَغَيَّر؛ فهو ١٠ في الفلور – ١٩، و٩ في الفلور – ١٨.



RADIOACTIVITY الفاعليَّةُ الإشْعاعيَّة

ALPHA DECAY الاضمِحلالُ الألفيُّ

النَّواةُ غيرُ المُسْتقِرَّة قد تُخَفِّضُ كُتلتَها بإطلاقِ جُسَيمٍ ألفيّ (ألفا).

BETA DECAY الاضمِحلالُ البائيّ

في هذا الاضمِحلال، يتغَيَّرُ نيوتْرُونٌ من النَّواة غيرِ المُسْتقِرَّة إلى بروتُونٍ وإلكترون. فيَبْقى البروتُونُ في النَّواة، ويَنْبَعِثُ الإلكترونُ بسُرعةٍ فائقة.

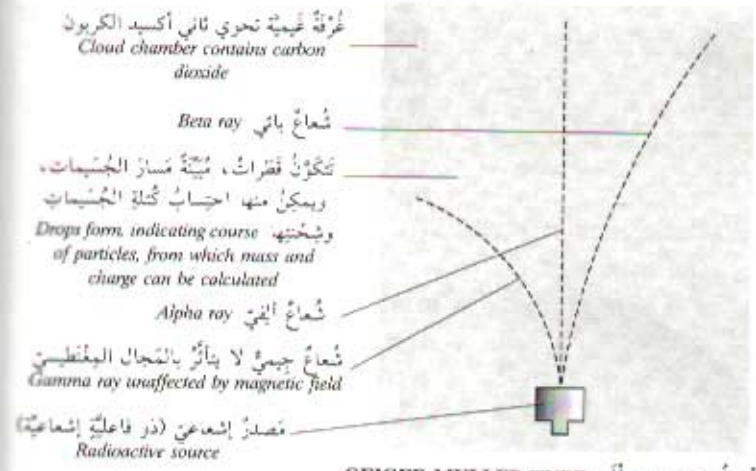
COSMIC RAYS الأشِعَّةُ الكَوْنيَّة

تُقْصَفُ الأرْضُ على الدَّوام بجُسَيماتٍ من الفَضاء – هي في مُعْظَمِها بروتوناتٌ من ذرَّاتِ عُنْصُرِ الهِدْروجين أكثرِ العناصِرِ وَفْرةً. بينَ حينٍ وآخَر تَصْطَدِمُ هذه البروتوناتُ بِذرَّات الهواء، مُنْتِجَةً زَخّاتٍ من جُسَيماتٍ ثانويَّةٍ تُدعى الأشِعَّةَ الكَوْنيَّة.

آثارُ مَساراتٍ خَلَّفَتْها الأشِعَّةُ الكَوْنيَّة في حُجْرةِ فَقاقيع
Tracks left by cosmic rays in a bubble chamber

ANALYSING RADIOACTIVITY تَحليلُ الإشْعاعيَّة

المَجالُ المِغْنَطيسيُّ القَويّ يَحْرِفُ الأشِعَّةَ الألفيَّةَ والبائيَّة في مَساراتٍ مُقَوَّسةٍ بسَبَب شِحْناتِها الكهربائيَّة. وتُسْتَخْدَمُ غُرْفةٌ غيميَّةٌ لِكَشْفِ هذه المَسارات، كما في الرَّسْمِ التوضيحيّ أدناه.



GEIGER-MULLER TUBE أنْبوبةُ جَيْجَر ومولّلَر

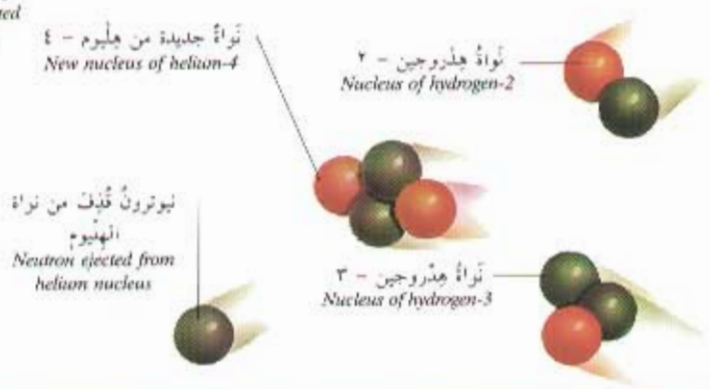
الأشِعَّةُ الألفيَّةُ والبائيَّةُ المارَّةُ عَبْرَ الهواء تَصْدِمُ بعضَ ذرَّاتِه، فتَفْصِلُ إلكتروناتِها مُكَوِّنةً **أيُوناتٍ** يُمكِنُ كَشْفُها داخِلَ أنْبوبةِ جَيْجَر ومولّلَر.

الانشطارُ النَّوويّ NUCLEAR FISSION

عندما تصدمُ نيوترونٌ نَواةً كبيرةً غَيْرَ مُسْتقِرَّة فقد تَنْقَسِمُ النَّواةُ (أو تَنْشَطِرُ) إلى شَظِيَّتَيْنِ أصغَرَ وأكثرَ استقرارًا، مُطلِقَةً كميّاتٍ كبيرةً من الطاقة. وغالبًا ما يَنْتُجُ هذا الانشطارُ مَزيدًا من النيوتروناتِ الطليقةِ - قد تصدمُ وتَشْطُرُ بدورِها نَوًى أُخرى. وقد تَستمرُّ هذه العمليّةُ فتَشْمَلُ عِدَّةَ نَوًى في تفاعُلٍ مُتَسَلْسِل.

الاندِماجُ النَّووي NUCLEAR FUSION

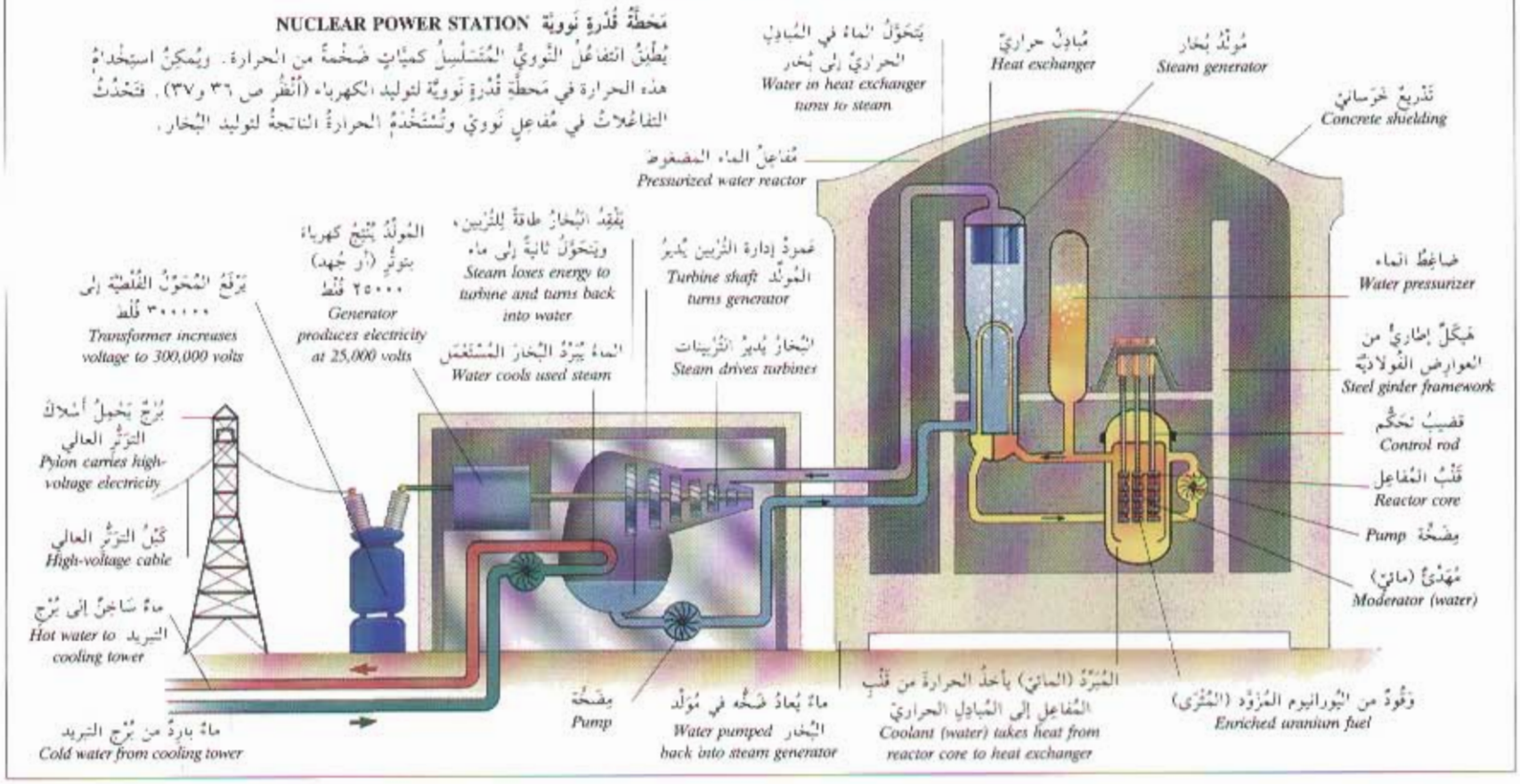
كما قد تَنْفَلِقُ النَّوى الكبيرة، كذلكَ أيضًا قد تَنْضَمُّ بَعْضُ النَّوى الصغيرة وتَنْدمِجُ مُطلِقَةً طاقةً كما في الانشطار. ويَشْمَلُ أحدُ تفاعُلاتِ الاندماجِ، الأعلى طاقةً، نَوى الهِدْروجين التي تَتصادَمُ بِسُرعاتٍ هائلةٍ في ظُروفٍ مُؤاتيةٍ لِتَكَوُّنِ ذَرَّةِ هِلْيوم.



القُدرةُ النَّوويّة NUCLEAR POWER

مَحطَّةُ قُدرةٍ نَوويّة NUCLEAR POWER STATION

يُطْلِقُ التفاعُلُ النَّوويُّ المُتَسَلْسِلُ كميّاتٍ ضَخْمةً من الحرارة. ويُمكِنُ استِخْدامُ هذه الحرارة في مَحطَّةِ قُدْرةٍ نَوويَّة لتوليد الكهرباء (أُنْظُر ص ٣٦ و٣٧). فتَحْدُثُ التفاعُلاتُ في مُفاعِلٍ نَوويّ وتُسْتَخْدَمُ الحرارةُ الناتجةُ لتوليد البُخار.

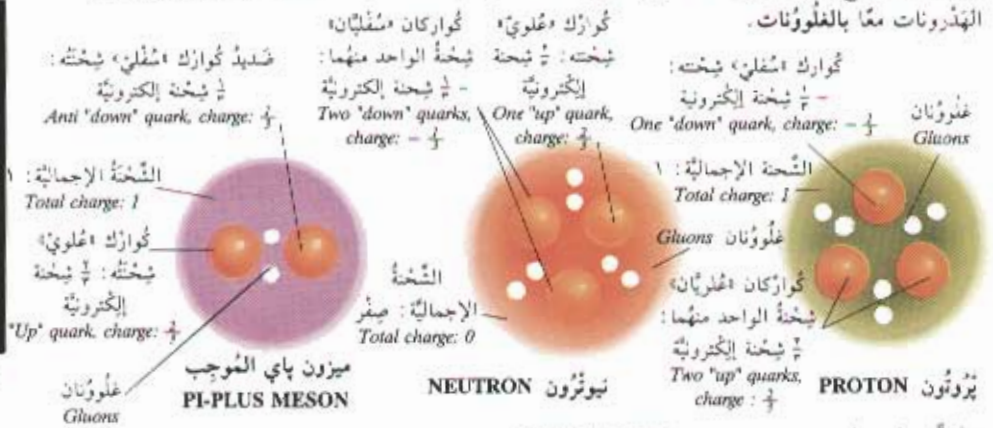


فِيزياءُ الجُسَيمات

هَدَفُ فِيزياءِ الجُسَيمات تفسيرُ المادَّةِ **والقُوَّة** بمَفهومِ الجُسَيماتِ الدقيقة. **فالذرَّةُ**، التي اعتُبِرَتْ سالِفًا أصغَرَ الجُسَيمات، تتألَّفُ فِعلًا من **بِروتُونات ونيوتْرُونات وإلِكْترونات**. بَلْ إنَّ البِروتُوناتِ والنيوتْرُوناتِ نَفْسَها تتألَّفُ من جُسَيماتٍ أصغَرَ هي **الكُوارْكات**. هنالك أربعةُ أنواعٍ من القُوَى الفاعِلَة بينَ دقائقِ المادَّة هي: **قُوَّةُ الجاذبيَّة والقُوَّةُ الكَهْرَمِغْنَطيسيَّة والقُوَّةُ النَّواتيَّة الشَّديدة والتأثُرُ الواهِن**. وَوَفْقًا لِلنَّظريَّة السَّائدة حديثًا يُعَلَّلُ كُلٌّ من هذه القُوَى بتَبادُلِ جُسَيمات، تُدعى **البُوزونات المِعياريَّة**، بين جُسَيْماتِ المادَّة. فتماسُكُ **النَّواة**، مثلًا، هو نتيجةٌ لِتَبادُلِ جُسَيمات، تُدعى **مِيزونات** (وهي نوع من البُوزونات المِعْياريَّة)، بين البِروتُونات والنيوتْرُونات فيها. ويُمكِنُ تَمثيلُ هذه التَّبادُلاتِ في مُخَطَّطاتِ فِينْمان، التي تُبَيِّنُ الجُسَيماتِ ذاتَ العلاقةِ بِكُلِّ نوعٍ من أنواعِ القُوَّة. إنَّ أهَمَّ الأدَواتِ المُسْتخدمةِ في فِيزياءِ الجُسَيمات هي مُسارِعاتُ الجُسَيمات، التي تُخَلِّقُ جُسَيماتٍ وتُدَمِّرُها في تصادُماتٍ عاليةِ الطاقة. ويُساعِدُ تَحْليلُ هذه التَّصادُماتِ في إثْباتِ أو دَحْضِ آخِرِ وأحدَثِ النظريَّاتِ حَوْلَ بِنْيَةِ المادَّة وأصْلِ القُوَى. فأحَدُ أهدافِ مُسارعاتِ الجُسَيماتِ الضَّخْمة هذه، كمُصادِمِ الهَدْرونات الضَّخْم في مُختبرات **سِيرن** (المجلس الأوروبي لِلأبحاث النَّوويَّة) (أُنْظُر الصفحةَ المُقابلة)، هو إثباتُ وُجودِ جُسَيمٍ، يُدعى **بوزُون هِجْز**، قد يكونُ عِلَّةَ وُجودِ الكُتْلَة في المادَّة.

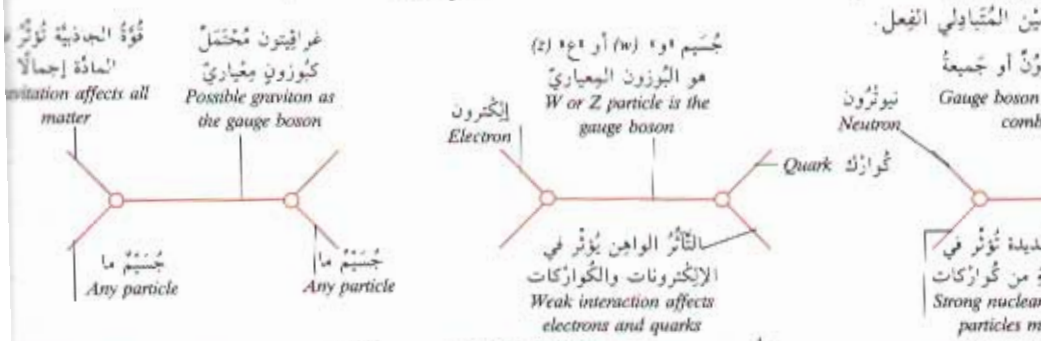
الهَدْرونات HADRONS

البِروتُوناتُ والنيوتْرُوناتُ والميزوناتُ أنواعٌ من الهَدْرونات؛ ويُعَرَّفُ الهَدْرون بأنَّه جُسَيمٌ يتألَّفُ من كُوارْكات. هنالك ستَّةُ أنواعٍ من الكُوارْكات تَشْمَلُ الكُوارْكات «العُلْويَّة» والكُوارْكات «السُّفْليَّة». وتَتَماسَكُ كُوارْكات الهَدْرونات معًا بالغلُوُونات.



مُخَطَّطاتُ فِينْمان FEYNMAN DIAGRAMS

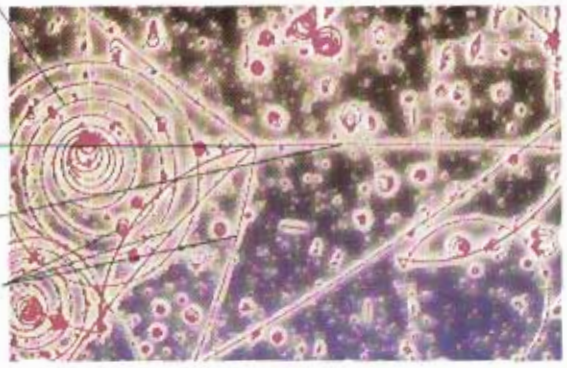
تُبَيِّنُ المُخَطَّطاتُ أدناه أيَّ بُوزوناتٍ مِعياريَّةٍ تجري مُبادلَتُها لِنَقْلِ كُلٍّ من أنواعِ القُوَى الأربعة. الخطوطُ الأُفُقيَّةُ تُمَثِّلُ البُوزوناتِ المِعياريَّة، بينما تُمَثِّلُ الخُطوطُ المائلةُ والدوائرُ الجُسَيْمَيْن المُتَبادِلي الفِعل.



قُوَّةُ الجاذبيَّة GRAVITATIONAL FORCE — التأثُرُ الواهِن WEAK INTERACTION — القُوَّةُ النَّواتيَّة الشَّديدة STRONG NUCLEAR FORCE — الكَهْرَمِغْنَطيسيَّة ELECTROMAGNETISM

تَصادُماتُ جُسَيْمِيَّة PARTICLE COLLISIONS

تُبَيِّنُ الصُّوَرُ أدناه نتائجَ تصادُمات بين جُسَيماتٍ في مُسارعاتِ الجُسَيمات. الجُسَيماتُ المُضادَّةُ الشَّحْنة تَنْعَطِفُ في اتِّجاهاتٍ مُخْتلِفةٍ في المَجال المِغْنَطيسيّ القويّ للمِكْشاف.

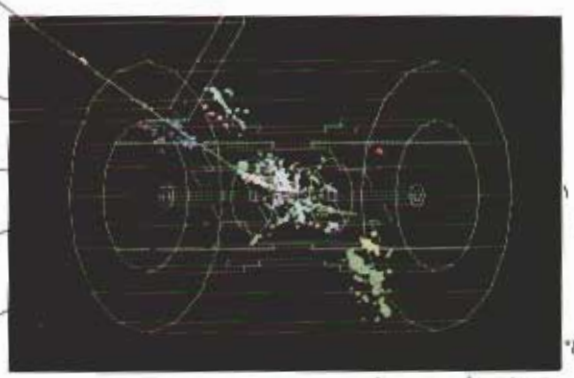


الدُّثُور ANNIHILATION

عندما يَلْتَقي جُسَيْمٌ بِضِدِّيه، فإنَّهما يُدَمِّران واحِدُهما الآخَرَ ويُصبِحانِ طاقةً. وهذه الطاقةُ بِدَوْرِها تَغْدو جُسَيماتٍ جديدةً لاحقًا.

تَصادُمُ بروتُون وَفُوتُون PROTON-PHOTON COLLISION

جَرى هذا التَّصادُمُ بين فُوتُونٍ وبروتُون في مِكْشافٍ خاصٍّ يُبَيِّنُ مَسارَ الجُسَيمات، يُدعى حُجْرةَ الفقاقيع. (التلوينُ مُصْطَنَعٌ لِلتوضيح).



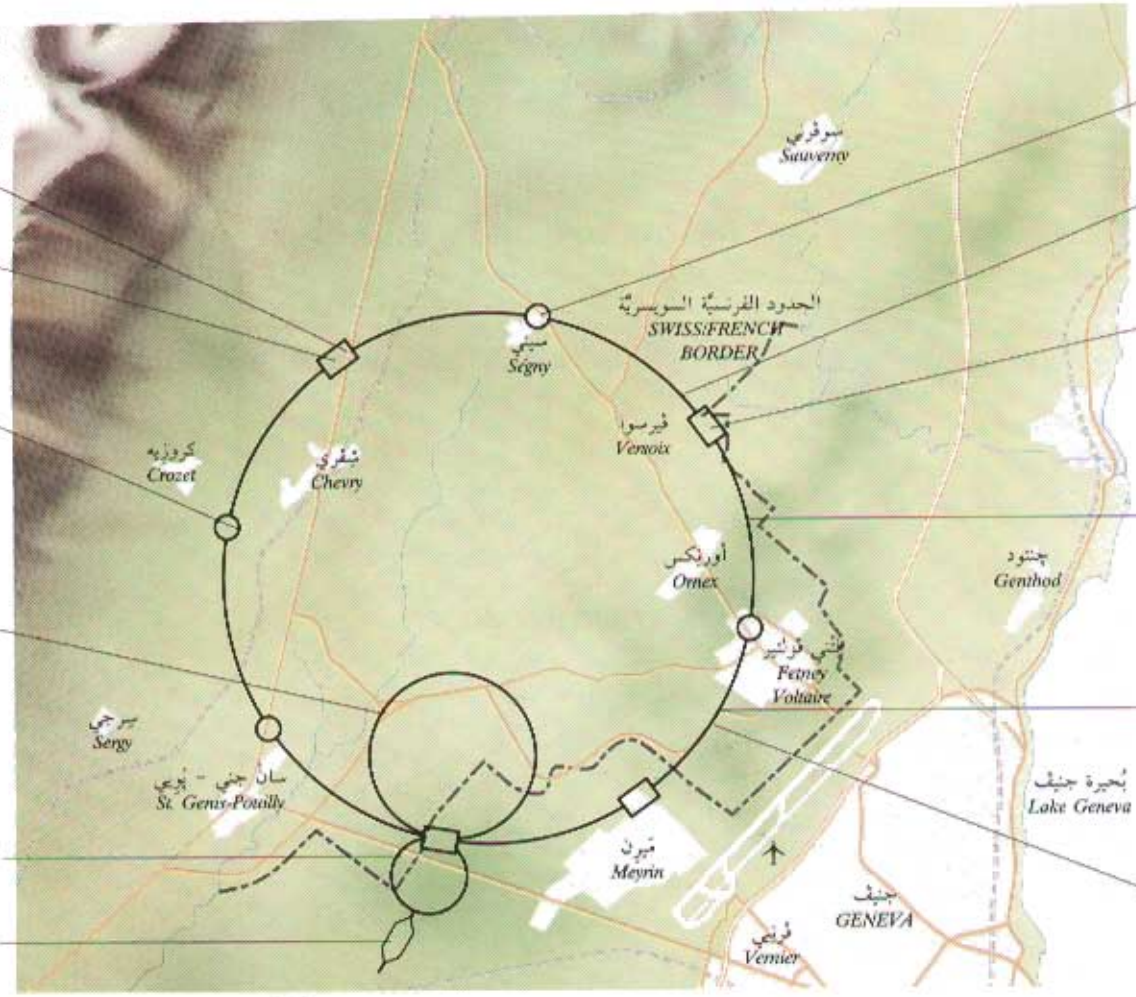
تَصادُمُ إلِكْترون وپوزِتْرون ELECTRON-POSITRON COLLISION

يجري التَّصادُمُ هنا بين إلِكْترونٍ وضِدِّيه (پوزِتْرون). وقد وُصِلَتْ حُجْرةُ الفقاقيع بحاسوبٍ صَوَّرَ هذا التَّصادُم.

THE LARGE HADRON COLLIDER مُصادِمُ الهَدْرونات الضَّخْم

MAP OF THE SITE خريطة الموقع

مُصادِمُ الهَدْرونات الضخم في مُختبر سيرن على مَقربة من جنيف، سَيَكونُ مُسارِعَ جُسَيماتٍ ضَخْمًا، في نَفَقٍ تحتَ سَطْح الأرض على عمقٍ يُقارِبُ ١٠٠ متر. النَّفَقُ دائريٌّ طُولُه ٢٧ كيلومترًا، يُستَخدَمُ حاليًّا لِمُسارِعِ جُسَيمات آخَر ضَخم، هو مُصادِمُ إلِكْتروناتٍ وبوزِتْرونات. وسَتُدَوَّرُ في الأنابيب حُزَمتا بروتونات بسُرعةٍ فائقةٍ جِدًّا ثُمَّ تُدْفَعان لِلاصطِدام في كواشِفَ كالمِكْشافِ الوَشيعيّ المُدَمَّج (أدناه).



بروتوناتٌ وجُسَيماتٌ أخرى تتصادَمُ في حُجرات المِكْشاف
Protons and other particles will collide in the detector chambers

مَوقِعُ المِكْشاف
Site of detector

وَحْدَةٌ قَرْيَةٌ تُنتِجُ الهِلْيوم السَّائل
Cryogenic unit produces liquid helium

حَلْقَةُ السِّنكروترونِ البروتونيّ الفائقِ تُسَرِّعُ البروتوناتِ وتَحْقِنُها في مُصادِمِ الهَدْرونات الضَّخْم
Super proton synchrotron (SPS) ring accelerates protons and injects them into the LHC

حَلْقَةُ السِّنكروترون البروتونيّ تُسَرِّعُ البروتونات وتَحْقِنُها في السِّنكروترون البروتوني الفائق
Proton synchrotron (PS) ring accelerates protons and injects them into the SPS

مِحْقَنٌ خَطّي
Linear injector

وَحْدَةٌ قَرْيَةٌ (خفيضةُ دَرَجة الحرارة)
Cryogenic unit

مجموعتان من البروتونات تَسْتَيران في اتِّجاهَيْن مُضادَّيْن
Two sets of protons will travel in opposite directions

مَوقِعُ المِكْشاف الوشيعيّ المُدَمَّج
Site of CMS detector

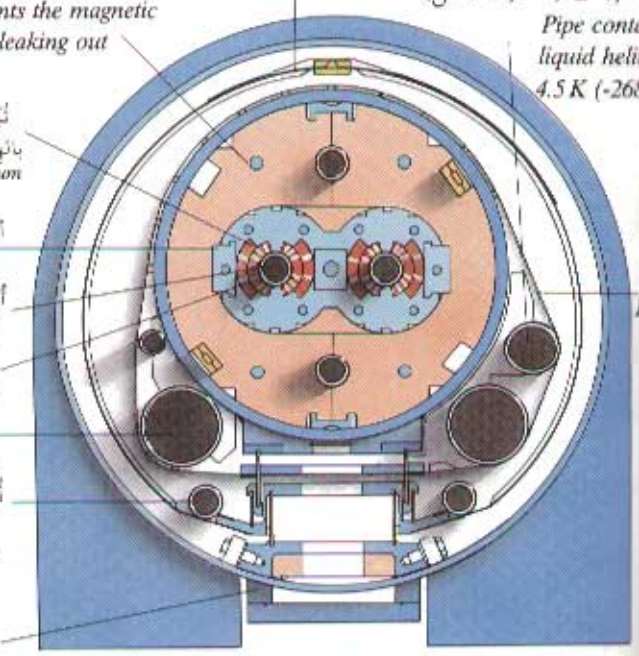
طولُ الحلقة ٢٧ كم
The ring is 27 km long

البروتوناتُ في مُصادِمِ الهَدْرونات الضَّخْم ستَسيرُ بسُرعةٍ تُقارِبُ سُرعةَ الضَّوء
Protons in the LHC will travel at close to the speed of light

مَوقِعُ الحَلْقة على عُمقٍ يتراوحُ بين ٧٠ و١٤٠ م تحتَ سطح الأرض
The ring is between 70 m and 140 m underground

THE ACCELERATOR المُسارِع

في التَّجربة الرَّئيسيَّة لِمُصادِمِ الهَدْرونات الضَّخْم، سَتُسَرِّعُ البروتوناتُ المَحقونةُ داخِلَ الحَلْقةِ إلى سُرعةٍ تُقارِبُ سُرعةَ الضَّوء وتَسيرُ في أُنبوبَيْن باتِّجاهَيْن مُضادَّيْن. وتعملُ **القُوَّةُ الجاذِبَةُ**، التي تُوَفِّرُها **مِغْنَطيساتٌ كَهْرِبائيَّةٌ** فائقةُ القُدْرة، على إبقاء البروتوناتِ في مَسارِها الدائريّ.



دِرْعٌ حراريّ
Thermal shield

مِقْرَنٌ (نِيرٌ) حديديّ يَمْنَعُ سُروبَ المَجال المِغْنَطيسيّ
Iron yoke prevents the magnetic field from leaking out

أُنبوبٌ يَحوي الهِلْيومَ السَّائل على درجة ٤,٥ ك (- ٢٦٨,٧°س)
Pipe containing liquid helium at 4.5 K (-268.7°C

لَبِرَةُ المِغْنَطيسات الكهربائيَّةُ قَرْيًا بالهِلْيوم السَّائل
Electromagnets are kept extremely cold by liquid helium

أطواقٌ تُثَبِّتُ الأنابيبَ في أماكنها
Collars hold tubes in place

أُنبوبٌ يَضُمُّ حُزَمَيِ البروتونات
Tube holding proton beams

قُطْرُ كُلِّ أُنبوب ٠,٠٥٦ م
Each tube is 0.056 m in diameter

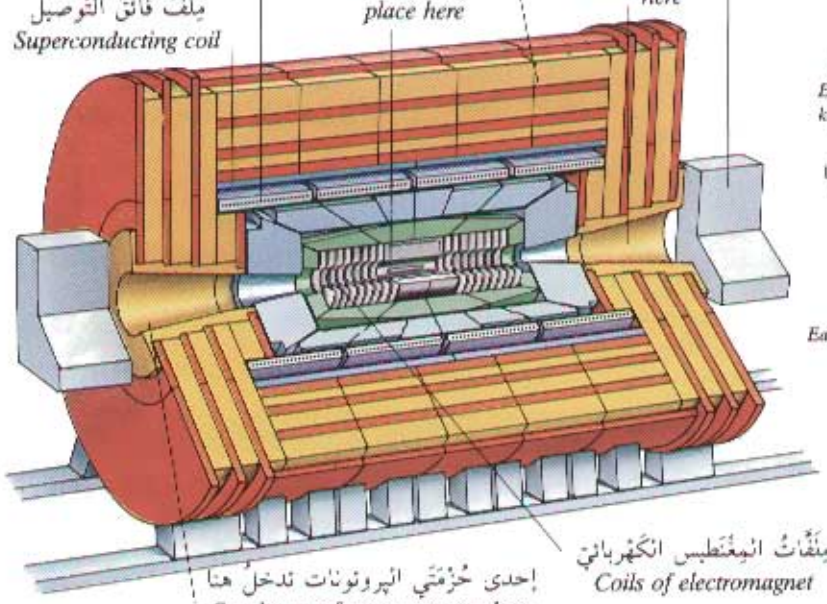
أُنبوبُ تَفْريغٍ مُحَمَّد
Quench discharge pipe

أُنبوبٌ يَحوي غازَ الهِلْيوم لإزالة الحرارة
Pipe containing helium gas that removes heat

عَمودُ دَعْم
Support post

THE COMPACT SOLENOIDAL (CMS) DETECTOR المِكْشافُ الوَشيعيّ المُدَمَّج

سَتُشادُ مكاشيفُ عِدَّةٌ لِكَشْفِ الجُسَيماتِ الناتجةِ عن التَّصادُماتِ داخِلَ مُصادِمِ الهَدْرونات الضَّخْم. هذه المكاشيفُ ذاتُ أقسامٍ مُختلِفةٍ تكشِفُ أنواعًا مُختلِفةً من الجُسَيمات. فالمِسْعَرُ (الكالوريمتر) الهَدْرونيّ، مثلًا، يُمكِنُه كَشْفُ الهَدْروناتِ فقط.



طَبَقاتٌ مُختلِفةٌ من المِكْشاف تكشِفُ جُسَيماتٍ مُختلِفة
Different layers of detector detect different particles

إحدى حُزَمَيِ البروتونات تَدخُلُ هنا
One beam of protons enters here

مِسْعَرٌ (كالوريمتر) مُتقَدِّمٌ
Very forward calorimeter

مِسْعَرٌ هَدْرونيّ يجري التَّصادُم هنا
Hadron calorimeter Collision takes place here

مِلَفٌّ فائقُ التَّوصيل
Superconducting coil

مِلَفّاتُ المِغْنَطيس الكَهْربائيّ
Coils of electromagnet

إحدى حُزَمَيِ البروتونات تدخل هنا
One beam of protons enters here

مَوسُوعَة المُشَاهَدَة العِيَانيَّة

الفيزياء

تعالَ نكتشفِ الفيزياءَ، من الداخلِ والدواخل الخفيَّة، إلى الظاهر والظواهر الطبيعيَّة التي نشاهدُها في واقعنا اليوميّ. هذا القاموس العيانيُّ يبحث في النظريات ويُعالج التجاربَ ذاتَ العلاقةِ بمُختلف مجالات الفيزياء - بما فيها الطاقةُ والمكِناتُ والأمواج (التموُّجات) والكهرباء والمغنطيسيَّة والتفاعلاتُ النوويةُ وكثيرٌ غيرها.

استعرِضْ صفحاتِ هذا القاموس لِتجدَ:

أكثرَ من ٢٠٠ صورةٍ ورَسمٍ بالألوان تُبرِز لك مختلِفَ الظواهر والنظرياتِ والتجاربِ، والمُعَدَّاتِ المستخدمةَ لِشرحِها بِدقةٍ ووضوحٍ فائقين.

•

قاموسًا مُتَميِّزَ النَّمط يَفيدُ منه كُلُّ أفراد العائلة - تتعَزَّز به دراسةُ الأبناءِ وثقافةُ الوالدين.

•

نُصوصًا موجزةً مُبَسَّطةً وتعاريفَ مُحقَّقةً ومُنتَقاةً بعناية، سَهلةَ المُتناوَل والمَفهوميّةِ للقُرَّاءِ في أيِّ عُمر.

•

تعريفًا فَوريًّا ومُباشرًا بِحوالى ٣٠٠٠ من المُفردات التي يستخدمُها العلماءُ من أهلِ الاختصاص.

موسوعة المشاهدة العيانيَّة

مرجِعُك الأساسيّ الأوضَحُ صُوَرًا والأوثقُ معلوماتٍ حولَ كُلِّ ما تجده حولك - من أصغر مُسنَّنة في آلةٍ أو مَكِنةٍ إلى أصغرِ خَليّةٍ في الكائنات الحيّة - كلُّها مشروحةٌ بأدقّ التّفاصيل ومُبيّنةٌ في أروعِ الصُّوَر بألوانها الطّبيعيّة.

موسوعة المشاهدة العيانيَّة تعرِضُ لك كُلَّ شيءٍ موضَّحًا ومشروحًا كأنّك تَراهُ فعلًا!

من أجزاء هذه الموسوعة أيضًا:

خَفايا الأشياء المألوفة • جسم الإنسان

• الحيوانات • النباتات • الأرض • الكون • الكيمياء

مَكتَبة لبنان نَاشِرُون

EYEWITNESS VISUAL DICTIONARIES
THE VISUAL DICTIONARY OF PHYSICS
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)