الجمهورية العربية السورية
المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

ملخص لأهم المفاهيم وقوانين الفيزياء المطلوبة في اختبار القبول في المعهد العالي للعام الدراسي 2025–2026

1. توازن الموائع

1.1 الضغط في سائل

- نعرّف الضغط في نقطة ضمن سائل بأنّه شدة القوة المؤثّرة في واحدة السطح من سطح جسم مغمور في السائل بجوار النقطة المعتبرة.
- يتغيّر الضغط في سائل غير قابل للانضغاط بشكل خطي مع العمق، ويُعطى تغيّر الضغط مع العمق بالعلاقة:

$$P = P_0 + \rho g z$$

حيث P_0 الضغط عند سطح السائل. و ρ الكتلة الحجمية للسائل. و g تسارع الجاذبية الأرضية، و z العمق.

2.1 مبدأ الأواني المستطرقة

في حال كان لدينا مجموعة أواني مختلفة الشكل والحجم وتتصل جميعها كلّ منها في القعر بحيث ينتقل السائل دون عوائق بين هذه الأواني، فإنّه لدى ملء هذه الأواني بسائل، فإنّ السائل يتوزّع في الأواني بحيث تنتطبق سطوح السائل في جميع الأواني على المستوي الأفقي نفسه.

3.1 الضغط الجوي

- يُعرّف الضغط في غاز بالطريقة نفسها التي عرّفنا بها الضغط في سائل.
- يتألّف الغلاف الجوي بشكل أساسي من غازي الأكسجين والآزوت، والغاز قابل للانضغاط لذلك لا يُمكن تطبيق العلاقة المعطاة في الطلب السابق على الغلاف الجوي. وبشكل عام يتناقص الضغط تقريباً بشكل أسي مع الارتفاع حيث يبلغ الضغط قي قمة أفرست ثلث الضغط الجوي الذي نجده بجوار سطح البحر تقريباً.

4.1 دافعة أرخميدس

- نبرهن أنّ الأجسام المغمورة في سائل تخضع لدافعة أرخميدس، أي تؤثّر بالجسم المغمور في السائل بقوة F موجهة نحو الأعلى (أي معاكسة لقوة ثقل الجسم) وشدة هذا القوة تُحسب من العلاقة:

$$F = \rho \times g \times V$$

حيث:

ρ الكتلة الحجمية للسائل.

g تسارع الجاذبية الأرضية.

V حجم الجسم المغمور في السائل.

- إذا كان الجسم مغمور جزئياً في السائل فإننا نأخذ قيمة لـ V حجم الجزء المغمور فقط.
- إذا وُجد الجسم في وسط غازي (مثل الهواء) نطبّق العلاقة السابقة نفسها، وبهذا يمكن حساب دافعة أرخميدس المؤثّرة في منطاد مثلاً.

5.1 الثقل الظاهري

يُلاحظ أنّه من الأسهل رفع جسم مغمور في الماء من رفعه عندما يكون خارج الماء، نقول إنّ الثقل الظاهري للجسم مغموراً في الماء أصغر من ثقله الظاهري عندما يكون في الهواء، وبهذا المعنى يكون الثقل الظاهري لجسم مغموراً في سائل ما أو غاز ما مساوياً ثقله الحقيقي مطروحاً منه قيمة دافعة أرخميدس المؤثّرة في الجسم.

6.1 واحدة قياس الضغط

- يقاس الضغط في الجملة الدولية بـ **الباسكال** ويرمز له بـ Pa ويعرّف بأنّه الضغط الناجم عن تطبيق قوة قيمتها $1\,\mathrm{N}$ تؤثّر بشكل ناظمي على سطح مساحته $1\,m^2$.
- تُستخدم في التطبيقات العملية وحدات أخرى منها:
  - الضغط الجوي النظامي ويرمز لهذه الوحدة بـ atm . وهي تساوي الضغط الناجم عن الهواء الممتد من سطح البحر حتى نهاية الغلاف الجوي. كما أنّها تساوي الضغط الناجم عن عمود من الزئبق ارتفاعه $760\ mm$. ولدينا $1\,atm = 1.013\times10^{5}\,Pa$.

- الميليمتر الزئبقي: وهو الضغط الناجم عن عمود من الزئبق ارتفاعه $1\,mm$. ويرمز له بالرمز $mmHg$، ولدينا $1\,mmHg = 133.2\,Pa$.

2. الميكانيك

1.2 الحركة: نقول عن نقطة مادية إنّها متحرّكة بالنسبة إلى جسم ما نسميه **الجسم المرجع** إذا تغيّر موضع النقطة في جملة إحداثيات مرتبطة بالجسم المرجع.

2.2 مسار الجسم المتحرّك: هو المنحني الذي يرسمه مركز ثقل الجسم أثناء حركته.

3.2 السرعة الوسطية: هي نسبة المسافة التي يقطعها الجسم إلى الزمن الذي استغرقه الجسم أثناء الحركة.

4.2 التسارع الآني: هو النسبة بين تغيّر السرعة خلال زمن لا متناهي في الصغر إلى هذا الزمن.

5.2 التسارع الوسطي: نحسبه خلال فترة زمنية Δt، وهو النسبة بين تغيّر السرعة Δv خلال الفاصل الزمني Δt والفاصل الزمني أي $a_a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$.

6.2 المسافة والفاصلة: يجب التمييز بين المسافة الكلية التي يقطعها متحرّك أثناء حركته على محور والفاصلة، فقد يقطع المتحرك مسافة بالاتجاه الموجب للمحور ثُمّ يعود أدراجه إلى النقطة التي انطلق منها، فالمسافة المقطوعة من قبل المتحرّك غير معدومة بينما فاصلة المتحرّك هي بعد النقطة التي وصلها المتحرّك عن المبدأ وهي في المثال السابق معدومة.

7.2 شعاع الإزاحة: هو شعاع مبدؤه مبدأ الحركة، ونهايته تقعع في النقطة التي يصلها المتحرّك.

8.2 الحركة المستقيمة المنتظمة: هي حركة مسارها مستقيم، وسرعة المتحرّك v فيها ثابتة بتغيّر الزمن.

العلاقة بين الفاصلة x والزمن t : $x = vt + x_0$ حيث x_0 هي الفاصلة الابتدائية.

9.2 الحركة المستقيمة المتغيّرة بانتظام: تتميّز بما يلي:

- المسار مستقيم.
- التسارع a ثابت مع الزمن.
- معادلات الحركة:
  - تغيّر السرعة مع الزمن: $v = at + v_0$
  - $x = \dfrac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$
  - $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

حيث v_0 و x_0 السرعة الابتدائية والفاصلة الابتدائية.

10.2 السقوط الحر والقذف المائل:

في حالة السقوط الحر دون سرعة ابتدائية تكون الحركة مستقيمة متغيّرة بانتظام تسارعها يساوي بالقيمة المطلقة تسارع الجاذبية الأرضية g ، ومن ثَمَّ تُكتب معادلات الحركة بأخذ محور للحركة Oz موجّه إلى الأعلى ومبدؤه على سطح الأرض:

$$v = -g\,t$$

$$z = -\frac{1}{2}gt^2 + z_0$$

حيث z_0 الارتفاع الابتدائي.

في القذف المائل بزاوية q يتحرك مسقط الجسم القذوف على المحور الأفقي حركة مستقيمة منتظمة ومسقط المقذوف على محور شاقولي حركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

ومن ثَمَّ تُكتب معادلات الحركة بأخذ المحور الشاقولي Oz موجّه إلى الأعلى والمحور الأفقي Ox مع أخذ نقطة القذف كمبدأ وقيمة السرعة الابتدائية v_0

$$v_x = v_0 \cos q$$

$$v_z = -\,g\,t + v_0 \sin q$$

$$x = (v_0 \cos q)t$$

$$z = -\,\frac{1}{2}g\,t^2 + (v_0 \sin q)t$$

11.2 عناصر القوة: نقطة تأثير القوّة، حامل القوّة، شدّة القوّة، جهة القوة.

12.2 واحدة قياس القوة: هي النيوتن ونرمز له بـ N .

13.2 كتلة جسم: تعبّر عما يحتويه الجسم من مادة، وواحدة الكتلة هي الكيلوغرام ونرمز له بـ kg.

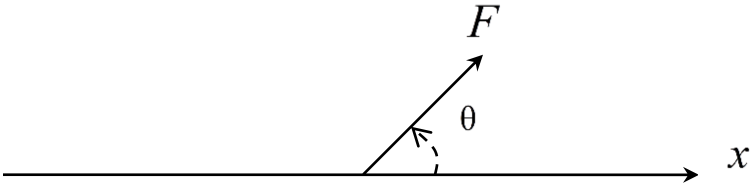
14.2 الثقل (أو الوزن): هو القوّة التي يخضع لها جسم نتيجة الجاذبية الأرضية. ويرتبط ثقل جسم w بكتلته m بالعلاقة: $w = mg$

15.2 محصلة القوى:،عندما تؤثّر مجموعة قوى في جسم فإنّ محصلة القوى المؤثّرة في هذا الجسم تساوي المجموع الشعاعي للقوى المؤثّرة.

16.2 الفعل و رد الفعل: لكّل فعل (قوّة مؤثّرة) رد فعل (قوّة أخرى معاكسة) مساوٍ بالقيمة ومعاكس بالاتجاه. مثال: إذا وُضع جسم على منضدة فإنّه يؤثّر بسطح منضدة بقوة موجّهة نحو الأسفل تساوي ثقل الجسم، بالمقابل ترد المنضدة بقوة تؤثّر بالجسم موجّهة نحو الأعلى وتساوي بالقيمة المطلقة ثقل الجسم.

17.2 العمل والاستطاعة: عندما تؤثر قوّة ثابتة F على جسم فيتحرّك هذا الجسم مسافة ما، فيكون عمل القوّة مساوياً: $W = d.F.\cos\theta$

حيث d مقدار انتقال الجسم، و θ الزاوية بين مسار الجسم (على المحور x) وشعاع القوّة.

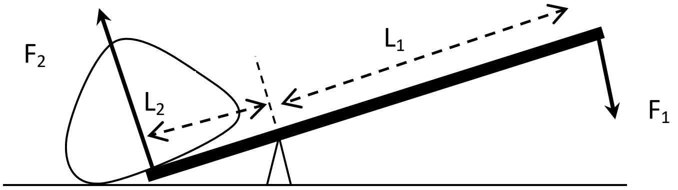


نتيجه: يُمكن أن يكون عمل القوّة سالباً (إذا كانت θ منفرجة) أو موجباً (إذا كانت θ سالبة) في حال كان الجسم متحركاً في الاتجاه الموجب للمحور Ox.

18.2 الاستطاعة: نعرّف الاستطاعة بأنّها العمل المنجز في واحدة الزمن.

تطبيق: في حال كانت قوّة جر محرّك سيارة F وكانت السيارة تتحرّك بحركة مستقيمة منتظمة بسرعة v يكون العمل من أجل انتقال x مساوياً: $W = F\,.\,x$ ولدينا: $x = v\,t$، والاستطاعة المبذولة من قبل المحرّك: $P = \frac{W}{t} = F.v$.

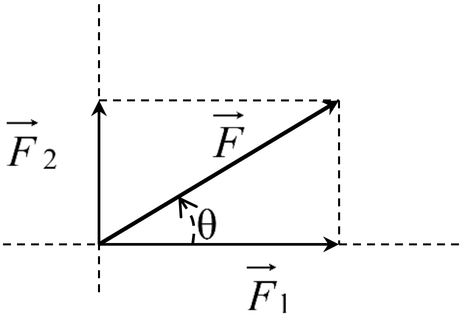
19.2 العتلة (الرافعة): ساق مهملة الكتلة لها نقطة استناد تُستخدم في تحريك و رفع الأجسام الثقيلة، كما في الشكل الآتي:



في الشكل السابق لرفع الحجر يجب تطبيق قوّة أكبر قليلاً من القوة F_1 التي تحقق العلاقة: $L_1.F_1 = L_2.F_2$.

من الواضح أنّه يمكن رفع الحجر بتطبيق قوّة أصغر بكثير من ثقل الحجر.

20.2 تحليل القوة إلى مركبتين متعامدتين: يُمكن تحليل قوّة $\vec{F}$ إلى مركبتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ على محورين متعامدين كما في الشكل:

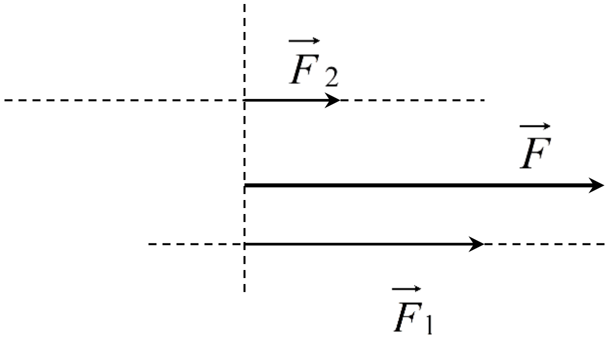


لدينا: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$F_2 = F.\sin\theta$ و $F_1 = F.\cos\theta$

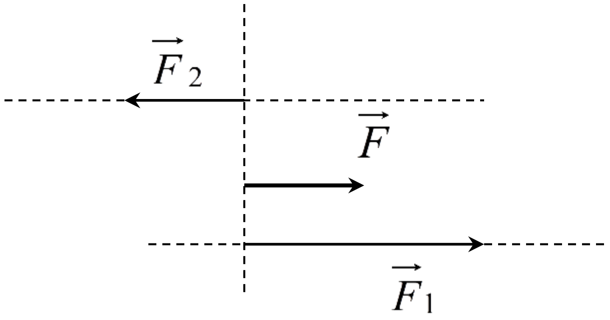
21.2 تحصيل قوتين متوازيتين

- محصلة قوتين متوازيتين بجهة واحدة



في الشكل أعلاه طويلة المحصلة تساوي: $F = F_1 + F_2$

- محصلة قوتين متوازيتين بجهتين متعاكستين

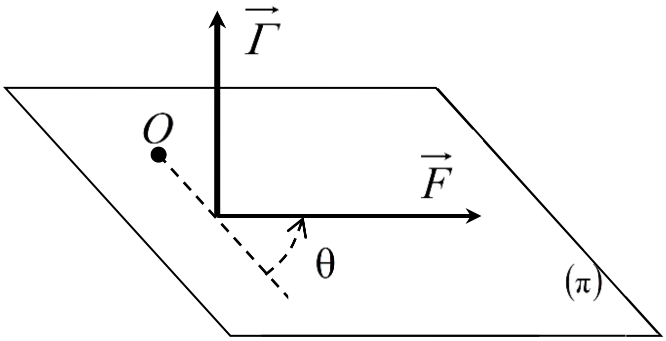


في الشكل أعلاه طويلة اوي: $F = F_1 - F_2$

ملاحظة: تتحدد نقطة تأثير القوة المحصلة حسب المسألة المطروحة أي حسب طبيعة الجسم الذي يتأثّر بالقوتين.

21.2 عزم قوّة

- نعرّف عزم قوّة بالنسبة لنقطة O بأنّه شعاع عمودي على القوة وعلى القطعة المستقيمة الواصلة بين نقطة تأثير القوة والنقطة O ، والقيمة الجبرية للشعاع تساوي: $\Gamma = F.d.\sin\theta$



في الشكل المبدأ O والقوة $\vec{F}$ واقعين في المستوي (π) و $\vec{\Gamma}$ عمودي على المستوي(π).

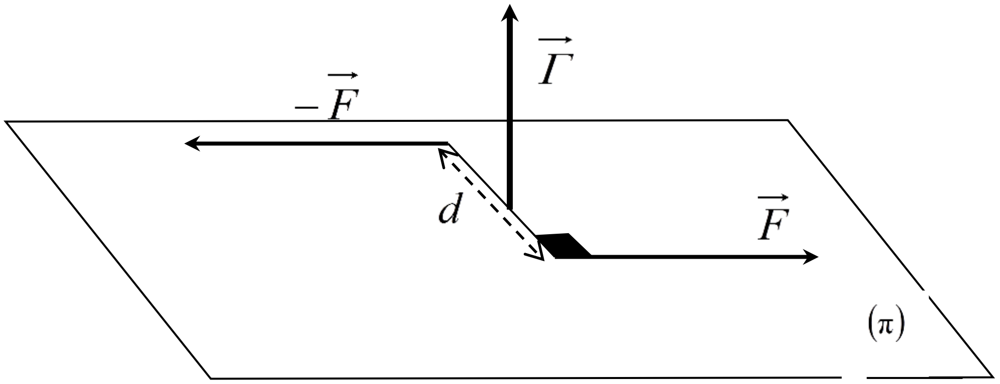
- ينعدم عزم القوة إذا كانت القوّة موازية لمحور الدوران، أو إذا كان حامل القوة يتقاطع مع محور الدوران.

22.2 المزدوجة: هي جملة قوتين متوازيتين ومتعاكستين بالجهة ومتساويتين طويلة وتختلفان في نقطة التأثير.

23.2 عزم المزدوجة: شعاع عمودي على المستوي الحاوي للقوتين، وتتحدد جهة الشعاع بإبهام اليد اليمنى عندما يعامد مستوي القوتين، ويجب أن نوجه بقية أصابع اليد بجهة إحدى القوتين، وشدة الشعاع تساوي:

$$\Gamma = F.d$$

حيث F شدة إحدى القوتين، و d المسافة بين حاملي القوتين. نسمي d ذراع المزدوجة.



24.2 مركز ثقل جسم صلب

- هي النقطة التي يمر منها المحور المنطبق على خيط يُعلق به الجسم في أي نقطة من سطح الجسم. ويمكن إعطاء تعريف آخر مكافئ وهو: هي نقطة من الجسم إذا علّق الجسم بخيط مربوط فيها فإنّ الجسم لا يدور ويبقى الجسم متوازناً في حال أدرناه حول هذه النقطة.
- لإيجاد مركز ثقل الجسم نجزء الجسم إلى عدد من الجسيمات ذات الأبعاد الصغيرة مقارنة بأبعاد الجسم، نرمز لكتلة الجسيم ذو الدليل i بـ m_i، و لموضعه بـ M_i وليكن O المبدأ، يتحدد مركز ثقل الجسم من العلاقة:

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_i m_i \times \overrightarrow{OM}_i}{\sum_i m_i}$$

25.2 التوازن الانسحابي لجسم صلب: حتى يبقى مركز ثقل الجسم ساكناً يجب أن تنعدم محصلة القوى المؤثّرة في الجسم. نقول إنّ الجسم في حالة توازن انسحابي.

26.2 التوازن الدوراني لجسم صلب: ليتحقق التوازن الدوراني لجسم صلب يجب أن تكون محصلة عزوم القوى المؤثّرة في الجسم بالنسبة لنقطة ما معدومة.

27.2 التوازن المستقر: يكون التوازن مستقراً فيما لو مال الجسم للعودة إلى موضعه فيما لو أزيح قليلاً عن موضعه.

28.2 التوازن القلق: يكون التوازن قلقاً فيما لو مال الجسم للابتعاد عن موضعه الابتدائي فيما لو أزيح قليلاً عن موضعه.

29.2 التوازن المطلق: يكون التوازن مطلقاً فيما لو حافظ الجسم على حالة التوازن عند نقله إلى موضع مجاور.

30.2 الطاقة الحركية لجسم يقوم بحركة انسحابية: لتكن m سرعة الجسم و v سرعة الجسم، نسمي الطاقة الحركية للجسم المقدار:

$$K_E = \frac{1}{2} m v^2$$

31.2 الطاقة الكامنة الثقاليّة: تُعطى الطاقة الكامنة الثقالية لجسم كتلته m على ارتفاع h من سطح الأرض بالعلاقة:

$$E_p = m g h$$

32.2 الطاقة الكامنة المرونية: تُعطى الطاقة الكامنة المرونية لنابض مضغوط أو مستطيل بمقدار x وثابت صلابته k بالعلاقة:

$$E_p = \frac{1}{2} k\, x^2$$

33.2 مبدأ مصونية الطاقة: ينص على أنّ الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم بل تتحوّل من شكل إلى آخر دون زيادة أونقصان.

34.2 الطاقة الميكانيكية: هي مجموع الطاقتين الكامنة والحركية للجسم.

خواص:

- الطاقة الميكانيكية لجسم صلب تبقى ثابتة في حال كانت جميع القوى التي يخضع لها الجسم محافظة. وبالتالي إذا نقصت الطاقة الكامنة تزداد الطاقة الحركية بحيث يبقى المجموع ثابتاً وبالعكس. نقول إنّ الطاقة الميكانيكية مصونة.
- في حال أثّرت قوة مبددة للطاقة (مثل قوة الاحتكاك) على جسم فعندها تتناقص الطاقة الميكانيكية بمقدار عمل القوة المبددة للطاقة.

35.2 نظرية الطاقة الحركية: بغياب القوى المبددة للطاقة، يكون عمل القوة المؤثّرة في جسم مساوياً لتغيّر الطاقة الحركية.

36.2 القوى المبددة للطاقة: هي قوى تؤثّر في الأجسام، وتؤدي إلى ضياع طاقتها الحركية دون أن يتم تعويض هذه الطاقة، وتتحوّل الطاقة إلى حرارة، من الأمثلة على ذلك:

- **قوّة الاحتكاك بين جسمين:** هذه القوة قد تمنع الجسمين من الانزلاق الواحد على الآخر، ولكن في حال انزلاق أحد الجسمين على الآخر تضيع الطاقة على شكل حرارة.

  تطبيق: إذا وضعنا قطعة من الخشب على أرض مستوية وأعطيناها سرعة ابتدائية،نكون قد أعطيناها طاقة حركية، نجد أنّ قطعة الخشب قد توقفت بعد أن تكون قد قطعت مسافة محددة. هنا لا تتغيّر الطاقة الكامنة لقطعة الخشب، وما يحدث هو أنّها تفقد طاقتها الحركية الابتدائية، ولما كان العمل يساوي تغيّر الطاقة الحركية، فإننا نستنتج أنّ عمل قوّة الاحتكاك سالبة.

- **قوّة مقاومة الهواء:** عند سقوط الجسم في الهواء، نعلم أنّه يتحرّك بفعل الجاذبية الأرضية وبغياب الهواء يتحرّك الجسم حركة متسارعة ولكن ما نجده أنّه في حالة بعض الأجسام مثل المظلة تبلغ السرعة قيمة حدية عند السقوط وتحافظ عندها على سرعة ثابتة وذلك عند تساوي مقاومة الهواء بالقيمة المطلقة مع الثقل.

37.2 الطاقات المتجددة: من الطاقات المتجددة: طاقة الرياح، طاقة مساقط المياه، الطاقة الشمسية.

38.2 الطاقات غير المتجددة : من الطاقات غير المتجددة: الطاقة الأحفورية (الناتجة من حرق البترول والغاز والفحم الحجري).

39.2 الحركة الدورية

- نقول عن حركة إنها دورية إذا كررت نفسها في فترات زمنية متساوية.

أمثلة:

– حركة عقرب الساعة.

– حركة القمر حول الأرض.

– حركة الأرض حول الشمس.

– حركة النواس البسيط.

- **الدور**: هو أصغر فاصل زمني تكرر فيه الحركة نفسها.
- في الأمثلة السابقة : دور عقرب الثواني في الساعة: 60 ثانية، دور القمر حول الأرض: 29 يوم ونصف اليوم تقريباً، دور الأرض حول الشمس: 365 يوم وربع اليوم تقريباً

40.2 الحركة الدورية والحركة الاهتزازية

- قد تكون الحركة الدورية اهتزازية مثل حركة النواس البسيط (انظر التالي) وقد لا تكون اهتزازية مثل الحركة الدورانية المنتظمة.
- الحركة الاهتزازية قد تكون دورية مثل حركة النواس بغياب أي احتكاك وبغياب مقاومة الهواء.

وقد تكون متخامدة مثل حركة نواس بوجود الاحتكاك، حيث أن سعة اهتزاز النواس تتناقص مع الزمن.

41.2 النواس البسيط: كرة صغيرة معلقة بخيط تزاح عن موضعها فتأخذ بالاهتزاز حول موضع التوازن. بغياب الاحتكاك ومقاومة الهواء تكون حركة النواس دورية.

42.2 يرتبط **دور الحركة الدورية** T بتواتر الحركة f بالعلاقة:

$$f = \frac{1}{T}$$

يقاس التواتر بالهرتز، ونرمز له بـ Hz.

43.2 قوانين نيوتن

القانون الأوّل: إذا انعدمت محصلة القوى المؤثّرة في مركز ثقل جسم بقي ساكناً أو استمر بحركة مستقيمة منتظمة.

القانون الثاني: إذا كانت محصلة القوى المؤثّرة في مركز ثقل جسم صلب $\vec{F}$ تحرّك الجسم بتسارع $\vec{a}$ يحقق العلاقة:

$$\vec{F} = m\,\vec{a}$$

حيث m كتلة الجسم.

القانون الثالث: لكل فعل رد فعل يساويه قيمة ويعاكسه في الإشارة.

44.2 كمية الحركة: لجسم كتلته m، وسرعته $\vec{v}$ هي المقدار الشعاعي: $\vec{p} = m\,\vec{v}$

45.2 انحفاظ شعاع كمية الحركة

- في حال انعدمت القوى المؤثّرة في جسم حافظ الجسم على كمية حركته.
- حالة جسمين أو مجموعة أجسام: كمية الحركة لجسمين أو لمجموعة أجسام تساوي مجموع كميات الحركة للأجسام أي: $\vec{p} = \sum \vec{P}_i$ حيث: $\vec{P}_i$ كمية الحركة للجسم ذو الدليل i.
- ينطبق مبدأ انحفاظ كمية الحركة على مجموعة أجسام: أي في حال انعدمت محصلة القوى المؤثّرة في جسمين أو أكثر فإن كمية الحركة لمجموعة الأجسام تبقى ثابتة.
- من التطبيقات المهمة: عند اصطدام جسمين بغياب قوى خارجية مؤثّرة في الجسمين تكون مجموع كميتي الحركة للجسمين قبل الاصطدام مساوية لمجموع كميتي الحركة للجسمين بعد الاصطدام.

3. الضوء والصوت والأمواج

1.3 الحزمة الضوئية: يُمكن الحصول على حزمة ضوئية بوضع حاجز لا يُمرر الضوء أمام منبع ضوئي (مثل مصباح كهربائي)، نصنع فتحة صغيرة في هذا الحاجز، فيعبر الضوء من هذه الفتحة مشكلاً حزمة ضوئية، يُمكن التعرّف على حدود هذه الحزمة باستخدام الدخان أو اعتماداً على الغبار الموجود في الجو، حيث تُضيء الحزمة ذرات الغبار أو مكونات الدخان فنرى هذه الذرات والمكونات في منطقة تواجدالحزمة فقط.

2.3 الشعاع الضوئي: بافتراض أنّه كان بالإمكان تصغير الفتحة للوصول إلى حزمة مساحة مقطعها مهملة، عندها يُمكن تقريب الحزمة بخط مستقيم، نسمي الحزمة عند ذلك: شعاع ضوئي.

3.3 انعكاس الضوء: إذا ورد شعاع ضوئي على السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين ينشأ شعاع منعكس عن السطح في الوسط الأول وينشأ شعاع آخر يعبر إلى الوسط الثاني، وأهم خصائص هذه الظاهرة:

- الشعاع الوارد والشعاع المنعكس والشعاع العابر تقع في مستوي واحد وهو المستوي المعرّف بالشعاع الوارد والناظم على السطح الفاصل في نقطة الورود.

- زاوية الانعكاس تساوي زاوية الورود.
- الشعاع العابر إلى الوسط الثاني لا يقع على نفس المستقيم الذي يحمل الشعاع الشعاع الوارد، لذلك نسميه الشعاع المنكسر.
- إذا كان الوسط الثاني أكثر كسراً للضوء من الوسط الأوّل فإن الشعاع العابر يقترب من الناظم، وفي حال إذا كان الوسط الثاني أقل كسراً للضوء من الوسط الأوّل فإن الشعاع العابر يبتعد عن الناظم.
- الشدّة الضوئية لحزمة ضوئية: هي الطاقة التي تتلقاها واحدة السطح في واحدة الزمن من مستوي عمودي على الحزمة.
- انحفاظ الطاقة: نتيجة لمبدأ انحفاظ الطاقة تكون الشدة الضوئية للشعاع الوارد تساوي مجموع شدّتي الشعاع المنكسر والشعاع المنعكس.
- قرينة انكسار وسط: نعرّف قرينة انكسار وسط متجانس n بأنّهاالنسبة:

$$n = \frac{c}{v}$$

حيث v سرعة انتشار الضوء في الوسط، و c سرعة انتشار الضوء في الخلاء.

أمثلة: قرينة انكسار الخلاء تساوي: $n_0 = 1$ ، قرينة انكسار الهواء تساوي: $n_a \approx 1$ ، قرينة انكسار زجاج النوافذ تساوي: $n_g = 1.5$ ، قرينة انكسار الماء تساوي: $n_w \approx 1.33$.

4.3 قانونا سنل –ديكارت الخاصان بزاويتي الانعكاس والانكسار: يرد شعاع ضوئي على السطح الفاصل بين وسطين شفافين قرينة انكسار الوسط الأوّل n_1 ، وقرينة انكسار الوسط الثاني n_2 ، لتكن i الزاوية التي يصنعها الشعاع الوارد مع الناظم على السطح في نقطة الورود (زاوية الورود)، ينعكس شعاع عن السطح صانعاً زاوية i' مع الناظم على السطح في نقطة الورود (زاوية الانعكاس)، وينفذ شعاع آخر إلى الوسط الثاني صانعاً زاوية r مع الناظم على السطح في نقطة الورود (زاوية الانكسار). ولدينا:

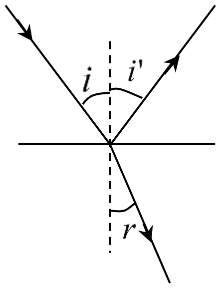
- زاوية الورود i تساوي زاوية الانعكاس i' .
- ترتبط زاوية الورود i بزاوية الانكسار r بالعلاقة $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.

من ناحية اخرى تُعطى قرينة انكسار وسط ما بالعلاقة:

$$n = \frac{c}{v}$$

عندما تكون زاوية الورود صغيرة أي: $i << 1$ يكون التقريب الآتي مقبولاً:

$\sin i \approx i$ (الزاوية مقدّرة بالراديان).

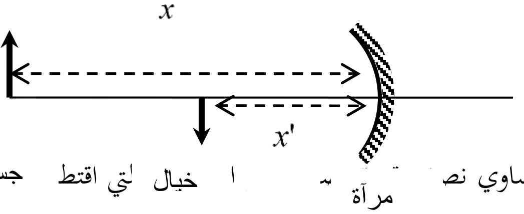


5.3 المرآة المستوية: تشكّل المرآة المستوية لجسم أمامها خيالاً وهمياً له خصائص الجسم باستثناء أنّه يقلب عناصر الجسم الأفقية بحيث يُصبح اليمين يسار وبالعكس. ويبعد الخيال على المرآة مسافة تساوي مسافة الجسم عن المرآة.

6.3 المرآة الكروية المقعّرة: الوجه العاكس هو الوجه المقعّر.

تشكّل المرآة الكروية المقعّرة للجسم الحقيقي الواقع أمامها خيالاً وهمياً أو حقيقياً وذلك حسب موقع الجسم.

- الخيال الحقيقي: تتلاقى في نقاطه الأشعة الضوئية الصادرة عن نقاط الجسم بعد انعكاسها عن المرآة.
- الخيال الوهمي: تتلاقى في نقاطه ممددات الأشعة الضوئية الصادرة عن نقاط الجسم بعد انعكاسها عن المرآة.
- صفات الأخيلة التي تشكّلها المرايا للأجسام أمامها: من الصفات التي نعاينها لدى تشكل الأخيلة: طول الخيال مقارنة بطول الجسم، وكون الجسم مقلوب أو صحيح، وإن كان الجسم وهمي أو حقيقي.
- قانون تشكيل الأخيلة بواسطة المرآة المقعرة:



البعد المحرقي للمرآة f : يساوي نص ... خيال لتي اقتط جسم المرآة، أي $f = \dfrac{R}{2}$.

ذروة المرآة: نقطة تقاطع المحور البصري مع المرآة.

دستورا المرآة:

<u>الدستور الأوّل</u>: يُعطى موقع الخيال x' بدلالة موقع الجسم بالعلاقة:

$$\frac{1}{x}+\frac{1}{x'}=\frac{1}{f}$$

<u>الدستور الثاني</u>: يعطي العلاقة بين طول الجسم h وطول الخيال h' :

$$\frac{h'}{h}=-\frac{x'}{x}$$

نسمي النسبة السابقة التكبير الخطي.

في حال أعطى الحساب قيمة سالبة لـ x' نستنتج أنّ الخيال وهمي ويقع من الجهة الثانية للمرآة.

وفي حال أعطى نتيجة موجبة نستنتج أنّ الخيال حقيقي وهو من جهة الجسم.

الإنشاء الهندسي: يُمكن إيجاد موضع الخيال وخصائصه بالإنشاء الهندسي الذي يعتمد على القواعد الآتية:

- كل شعاع يرد على المرآة ماراً من المحرق ينعكس موازياً للمحور البصري.
- كل شعاع يرد على المرآة موازياً للمحور ينعكس ليمر من المحرق.
- كل شعاع يرد على المرآة باتجاه المركز ينعكس على نفسه.

نحصل على موقع الخيال من تقاطع الأشعة، لذلك يكفي عند الإنشاء اللجوء إلى اثنتين من القواعد السابقة.

تمرين أساسي: قم بإنشاء خيال الجسم في الحالات الآتية واستنتج خواصه:

أ) الجسم بين المرآة والمحرق.

ب) الجسم بين المحرق والمركز.

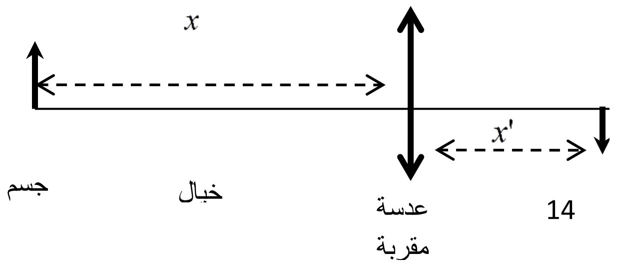
ج) الجسم أبعد من المحرق.

ثُمّ تحقق من نتيجتك المتعلقة بموقع الخيال باستخدام دستور المرآة.

7.3 العدسة المقربة: العدسة المحدّبة الوجهين هي عدسة مقربة. وبشكل عام العدسات التي سماكتها في المحيط أصغر من سماكتها في المركز هي عدسات مقربة.

للعدسة المقربة محرقان جسمي من جهة الجسم وخيالي من الجهة الثانية والمحرقان متناظران بالنسبة لمركز العدسة

دستورا العدسة:



الدستور الأوّل: يُعطى موقع الخيال x' بدلالة موقع الجسم بالعلاقة:

$$\frac{1}{x}+\frac{1}{x'}=\frac{1}{f}$$

في حال أعطى الحساب قيمة سالبة لـ x' نستنتج أنّ الخيال وهمي ويقع من جهة الجسم بالنسبة العدسة. وفي حال أعطى نتيجة موجبة نستنتج أنّ الخيال حقيقي وهو من الجهة الأخرى.

الدستور الثاني: يعطي العلاقة بين طول الجسم h وطول الخيال h':

$$\frac{h'}{h}=-\frac{x'}{x}$$

نسمي النسبة السابقة التكبير الخطي.

صفات الأخيلة التي تشكّلها العدسات: يُمكن إيجاد موضع الخيال وخصائصه بالإنشاء الهندسي الذي يعتمد على القواعد الآتية:

- كل شعاع يرد على العدسة ماراً من المحرق الجسمي يبرز من العدسة موازياً للمحور البصري.
- كل شعاع يرد على العدسة موازياً للمحور البصري يبرز ماراً من المحرق الخيالي.
- كل شعاع يرد على العدسة ماراً من مركزها يتابع دون انكسار.

تمرين أساسي: قم بإنشاء خيال الجسم في الحالات الآتية واستنتج خواصه:

أ) الجسم بين العدسة والمحرق الجسمي.

ب) الجسم بين المحرق الجسمي ومثلي البعد المحرقي.

ج) الجسم أبعد من مثلي البعد المحرقي .

ثُمّ تحقق من نتيجتك باستخدام دستورا العدسة.

9.3 الموشور

- وسط مبدد للضوء (مثل الزجاج) يحده وجهان غير متوازيان نسميهما وجهي الموشور.

- عند ورود حزمة من ضوء أبيض (مثل ضوء الشمس) على الموشور، تبرز الحزمة وقد انحرفت وتفرقت إلى مجموعة حزم لكل منها لون بحيث تشتمل على ألوان الطيف المعروفة التي تتدرج من البنفسجي وهو الأكثر انحرافاً إلى اللون الأحمر وهو الأقل انحرافاً.

10.3 الضوء المركب: مكوّن من اجتماع حزم ضوئية بألوان مختلفة، وبالتالي يتحلل بالموشور.

11.3 الضوء البسيط: يحوي حزمة بلون وحيد وبالتالي لا يتحلل بالموشور.

12.3 الإشعاعات غير المرئية: إنّ الأمواج الضوئية هي امواج كهرطيسية، وتمتد أطوال موجات الضوء المرئي من $0.4\ \mu m$ إلى $0.73\ \mu m$ تقريباً، وخارج هذا المجال لا يُمكن للعين البشرية أن ترى الضوء، لذلك ندعو الإشعاعات من هذا النوع الذي لا تراه العين بالإشعاعات غير المرئية، والأشعة القادمة من الشمس تحوي على إشعاعات غير مرئية فهناك الأشعة فوق البنفسجية والتي تقوم طبقة الأوزون بامتصاص معظمها، وهناك الأشعة تحت الحمراء والتي يصل قسم منها الأرض وتساهم مع الأشعة الأخرى في تسخين الأجسام التي تصلها.

من الأشعة غير المرئية نذكر:

أشعة غاما: وتصدر عن نوى الذرات غير المستقرة.

أشعة إكس (الأشعة السينية): وتستخدم في التصوير لكشف الكسور في العظام والأورام في الجسم.

الأشعة الميكروية: وتستخدم في أمواج الرادار وبعض أنظمة الاتصالات.

13.3 الموجة

- هي اهتزاز ينتشر أي ينتقل في الفضاء، وقد لا يحتاج إلى وسط مادي ينتشر فيه مثل الأمواج الضوئية، وبعض الأمواج تحتاج إلى وسط مادي لتنتشر فيه مثل الأمواج الصوتية.
- عندما يكون الاهتزاز المنتشر عمودي على جهة الانتشار نقول عن الموجة إنّها عرضية– (أي أنّ الاهتزاز جانبي). وعندما يكون الاهتزاز المنتشر منطبق على جهة الانتشار نقول عن الموجة إنّها طولية.
- **طول الموجة** : هو الدور المكاني للموجة.
- **الموجة الميكانيكية:** نقول عن الأمواج التي تحدث نتيجة حركة الجسيمات المادية إنّها موجة ميكانيكية مثل الموجة الصوتية وأمواج البحر.–
- **الموجة الكهرطيسية:** هو موجة مكوّنة من حقلين كهربائي ومغناطيسي مترافقان ويتغيّر مطال كل منهما بشكل دوري مع الزمن ومع تغيّر الموقع.
- **سرعة انتشار الموجة:** هي سرعة انتقال الاهتزاز المكوّن للموجة.

- **العلاقة بين سرعة انتشار الموجة وطول الموجة**: ترتبط سرعة انتشار الموجة الدورية v بطول الموجة λ وتواتر الموجة f بالعلاقة:

$$v = f\,\lambda$$

14.3 الصوت: تنتشر الأمواج الصوتية في الأوساط المادية (مثل الهواء والماء والصخر وغيرها) وهي أمواج طولانية، ومن الخصائص التي نصف بها الصوت، لدينا:

- **تواتر الصوت**: يسمع الإنسان الصوت إذا كان تواتره واقع بين 20Hz 20000Hz ، فإذا كان للصوت تواتر أقل من 20Hz نقول عن الأمواج إنّها تحت صوتية، وإذا كان تواترها أكبر من 20000Hz قلنا عنها إنّها فوق صوتية.
- **شدّة الصوت**: وتعبّر عما تتلقاه الأذن من استطاعة تحملها الأمواج الصوتية، و كلما زادت هذه الاستطاعة كلما كان الصوت أكثر قوّة.
- **ارتفاع الصوت**: وهو يعبّر عن حدّة الصوت،وتسمح هذه الخاصية للأذن بالتمييز بين الصوت الحاد والصوت الخشن.
- **طابع الصوت**: وهو الخاصية التي تسمح للأذن بالتمييز بين صوتين متساويي الشدة والارتفاع.

4. الحرارة والطاقة

1.4 أطوار المادة: صنّف العلماء القدماء مكوّنات الطبيعة إلى: تراب وهواء وماء ونار. أما في الوقت الحاضر فقد اختلف الأمر حيث تُصنّف الأجسام الموجودة في الطبيعة إلى:

أ) **الأجسام الجامدة، أو الصلبة**. مثل الحديد في درجة الحرارة الاعتيادية.

ب) **الأجسام السائلة**. مثل الماء في درجة الحرارة الاعتيادية (حوالي $20\ ^{\circ}C$) تحت ضغط جوي نظامي.

ج) **الأجسام الغازية**. مثل الهواء المحيط بالأرض.

ندعو كل شكل من الأشكال السابقة بالطور إذن لدينا طور صلب وطور سائل وطور غازي. يوجد في الطبيعة أشكال أخرى للمادة ولكن لا تُدرس في هذه المرحلة (مثل البلازما).

2.4 الذرّة

- تتكوّن جميع المواد من ذرات، والذرّة هي الحجر الأساسي في بناء المواد، وهي تتكوّن من النواة والإلكترونات.

- النواة موجبة الشحنة مكوّنة من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات معتدلة الشحنة، وللبروتون الكتلة نفسها تقريباً التي يتمتّع بها النيوترون، نُطلق على كل من البروتونات والنيوترونات تسمية النيوكلونات (أتت هذه التسمية من كون البروتونات والنيوكلونات محتواة في النواة).
- تتوزع الإلكترونات في مدارات حول النواة وهي سالبة الشحنة، شحنة الإلكترون تساوي بالقيمة المطلقة شحنة البروتون، ويتحقق اعتدال الذرّة من تساوي عدد البروتونات بعدد الإلكترونات. كتلة الإلكترون صغيرة جداً مقارنة بكتلة النيوترون، لذلك تكون كتلة الذرّة مساوية لمجموع كتل النيوكلونات في الذرّة بتقريب ممتاز.

3.4 سلالم الحرارة

لقياس الحرارة نستخدم عدة سلالم حرارة منها:

أ) **السّلم المئوي** (أو **سلّم سيلزيوس**) : تساوي درجة حرارة مزيج من الماء والجليد في هذا السلم تحت ضغط جوي نظامي $t_f = 0\ ^\circ C$ ، ودرجة حرارة غليان الماء تحت ضغط جوي نظامي تساوي $t_e = 100\ ^\circ C$.

ب) **سلم فاهرنهايت**: تساوي درجة حرارة مزيج من الماء والجليد في هذا السلم تحت ضغط جوي نظامي $t_f = 32\ ^\circ F$ ، ودرجة حرارة غليان الماء تحت ضغط جوي نظامي تساوي $t_e = 212\ ^\circ F$.

ج) **السلّم المطلق**: في هذا السلّم درجة حرارة انصهار الجليد تحت ضغط جوي نظامي تساوي $T_f = 273.15\ K$، ودرجة حرارة غليان الماء تحت ضغط جوي نظامي تساوي $T_e = 373.15\ K$.

نستنتج أن درجة حرارة الصفر المطلق تقابلها الدرجة $t_O = -273.15\ ^\circ C$.

4.4 تمدد الأجسام بالحرارة

عند تسخين جسم فإنّه يتمدد، فإن كان الجسم على شكل ساق نجد أنّ طوله يزداد، وإن كان على شكل مكعب نجد أنّ حجم المكعب يزداد. نعرف ما يلي:

- **معامل التمدد الطولي** α_ℓ لجسم طوله ℓ_0 : هو مقدار ازدياد طول واحدة الطول من الجسم $\Delta\ell$ في حال ارتفعت درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة.

فإذا ارتفعت درجة حرارة الجسم من الدرجة t_1 إلى الدرجة t_2 فإنّ طوله يُصبح

$$\ell = \ell_0\left[1 + \alpha_\ell (t_2 - t_1)\right]$$

- **معامل التمدد الحجمي** α_v لجسم حجمه V_0: هو مقدار ازدياد حجم واحدة الحجم من الجسم ΔV في حال ارتفعت درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة.

فإذا ارتفعت درجة حرارة الجسم من الدرجة t_1 إلى الدرجة t_2 فإنّ حجمه يُصبح

$$V = V_0[1 + \alpha_v(t_2 - t_1)]$$

- **التمدد الظاهري لسائل**: عندما نقوم بتسخين وعاء له عنق طويلة مدرّجة فيه سائل، يُمكننا استناداً إلى قراءة تدريجات العنق ملاحظة تمدد السائل بارتفاع درجة الحرارة، وعندها يكون ما نقيسه هو التمدد الظاهري للسائل، ولمعرفة التمدد الحقيقي يجب الأخذ بالاعتبار تمدد الوعاء نتيجة ارتفاع درجة الحرارة.

5.4 شذوذ الماء

يشذ الماء عن بقية المواد في أنّه يتقلّص عند تسخينه بين الدرجتين $0^\circ C$ و $4^\circ C$، أي إنّ الماء السائل يكون له الكتلة الحجمية العظمى عند الدرجة $4^\circ C$.

من ناحية ثانية معروف أن المواد يتقلص حجمها عند تجمدها ما عدا الماء فإنّه يتمدد عند تجمّده مما يفسّر أن الجليد يطفو ويظهر قسم منه فوق سطح الماء السائل.

6.4 الحرارة الكتلية (النوعية) والسعة الحرارية

عند تسخين جسم ما (غاز أو سائل أو صلب) نلاحظ أنّ درجة حرارته ترتفع إذا لم يرافق هذا التسخين تغيّر في الطور. نسمي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1كغ من مادة الجسم درجة مئوية واحدة **بالحرارة الكتلية (أو الحرارة النوعية)** لمادة الجسم.

مثال: الحرارة النوعية للماء بين الدرجة $0^\circ C$ سلزيوس و $100^\circ C$ تساوي تقريباً 1 حريرة ($1\,cal$)، والحريرة تساوي: $1\,cal = 4.18\,J$.

عندما ترتفع درجة حرارة جسم تحت ضغط ثابت من الدرجة t_1 إلى الدرجة t_2 فإنّه يمتص كمية من الحرارة:

$$Q = m\,c\,(t_2 - t_1)$$

حيث c هي الحرارة الكتلية للجسم، و m هي كتلة الجسم.

وعند تبرّد الجسم من الدرجة t_2 إلى الدرجة t_1 فإنّه يُطلق كمية حرارة $Q' = -Q$.

السعة الحرارية: نعرّف السعة الحرارية C لجسم بأنّها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة حرارة واحدة، نستنتج:

$$C = mc$$

7.4 انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة من جسم ساخن إلى آخر أقل سخونة بثلاث طرق:

أ) **الحمل**: ويتم نقل الحرارة بواسطة الجسيمات التي تنتقل من جوار الجسم الساخن بعد أن تكون قد امتصت الحرارة منه إلى الجسم الآخر الأقل سخونة ليمتص هو الحرارة منها.

ب) **التوصيل**: إن تلامس جسمين مختلفين في درجة الحرارة يؤدي إلى انقال الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد أو الأقل سخونة.

ج) **الإشعاع**: إنّ الجسم الساخن يقوم بإصدار أشعة كهرطيسية حاملة للطاقة تصل الجسم البارد الذي يمتص هذه الأشعة فترتفع درجة حرارته.

8.4 تغيّر الطور

- **تعاريف**: يُمكن للأجسام الانتقال من طور إلى آخر عند تغيير الشروط المحيطة فالماء يتجمد عند تبريده إلى درجة صفر سلزيوس تحت ضغط جوي نظامي. ونقول إن الماء انتقل من الطور السائل إلى الطور الصلب. أو نقول إنّ الماء قد تجمّد.

  بالشكل نفسه نجد التحوّلات التالية على جسم:

  أ) **الانصهار**: وهو انتقال المادة من الطور الصلب إلى الطور السائل.

  مثال: عند تسخين النحاس نجد أنّه ينصهر عند الدرجة $1083^{\circ}C$.

  ب) **التبخّر**: انتقال المادة من الطور السائل إلى الطور الغازي.

  ج) **التميّع (التسيّل)**: هو انتقال المادة من الطور الغازي إلى الطور السائل.

  مثال: يتميّع الآزوت تحت ضغط جوي نظامي عند الدرجة $-196^{\circ}C$.

  د) **التصعّد**: هو انتقال المادة من الطور الصلب إلى الطور الغازي (دون المرور بالطور السائل).

  مثال: يتصعّد ثاني أكسيد الكربون الصلب عند الدرجة $-80^{\circ}C$ تحت ضغط جوي نظامي.

  هـ) **التكثّف**: هو انتقال المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة.

  مثال: يتكثّف ثاني أكسيد الكربون الصلب عند الدرجة $-80^{\circ}C$ تحت ضغط جوي نظامي.

  ملاحظة: إن التكثّف والتصعّد يحدثان تحت ضغط جوي نظامي في درجة الحرارة نفسها.

- **حرارة تغيّر الطور**

عند تسخين الماء فوق موقد ترتفع درجة حرارته حتى تبلغ درجة الغليان حيث يتحوّل السائل إلى بخار، نلاحظ أنّه لمتابعة تبخير الماء يجب أن نستمر بإعطاء الحرارة أي أن نستمر بالتسخين، نستنتج أن

التبخّر يحتاج إلى حرارة، نسمي كمية الحرارة اللازمة لتبخير واحدة الكتلة من الماء بالحرارة الكتلية أو الحرارة الكامنة لتبخّر الماء.

مثال: الحرارة الكامنة لتبخر الماء في الدرجة $100^{\circ}C$ تساوي: $L_v = 2257kJ/kg$

وبالعكس عندما يتميّع بخار الماء فإنّه يُطلق كمية من الحرارة، فإذا تميّع بخار الماء عند الدرجة $100^{\circ}C$ فسوف يُطلق كل كيلوغرام من البخار كمية حرارة تساوي الحرارة الكامنة لتبخّر الماء.

بالشكل نفسه يُمكن تعريف حرارة كامنة لتغيّرات الطور المختلفة.

- التحوّلات التالية: الانصهار والتبخّر والتصعّد هي تحولات ماصة للحرارة. بينما التحولات المعاكسة التالية: التجمّد والتميّع و التكثّف هي تحوّلات مطلقة للحرارة.

9.4 مبادئ الترموديناميك

أ) المبدأ " صفر " في الترموديناميك

- عند تلامس جسمين فإنّ الجسم البارد يأخذ الحرارة من الجسم الساخن ويتوقّف تبادل الحرارة عندما يصبح للجسمين درجة الحرارة نفسها، نقول عندها إن الجسمان متوازنان حرارياً.
- ينص المبدأ " صفر " في الترموديناميك على أنّ:

" الجسمان المتوازنان حرارياً مع ثالث يكونان متوازنان حرارياً فيما بينهما"

ب) المبدأ الأوّل في الترموديناميك

"الطاقة الكلية لجملة معزولة هي مقار ثابت"

فإذا عانت جملة معزولة من تحولات داخلها وحدث تبادل حراري بين أجزاء الجملة فإنّ المجموع الجبري لكميات الحرارة التي تكسبها أجزاء الجملة يساوي الصفر، نأخذ كاصطلاح ما يُطلقه أحد أجزاء الجملة سالباً وما يمتصه موجباً.

ج) المبدأ الثاني في الترموديناميك

نجد أكثر من نص للمبدأ الثاني في الترموديناميك، نهتم هنا بالنصين التاليين:

- **نص كالفن:**

" لا يُمكن أن يعمل محرّك بشكل دوري متبادلاً الحرارة مع منبع وحيد"

أي عند تشغيل محرّك حراري يُقدّم العمل يجب أن يكون لدينا منبعان، فمثلاً يستخدم المحرّك البخاري المرجل كمنبع حار والهواء الخارجي كمنبع بارد.

- **نص كلاوسيوس:**

" لا تنتقل الحرارة بشكل تلقائي من الجسم البارد إلى الجسم الساخن"

وهذا النص تُثبته التجربة حيث أن تسخين الماء (مثلاً) على موقد يؤدي إلى انتقال الحرارة من الموقد إلى الماء وليس العكس.

4.10 التوتر السطحي

- هو القوة المماسية لسطح السائل والتي تؤثّر في واحدة الطول من أحد جانبي خط وهمي يلاصق سطح السائل. تنتج هذه القوّة من التآثرات المتبادلة بين جزيئات السائل.
- نتيجة للتوتر السطحي يتصرّف سطح السائل كأنّه غشاء رقيق.
- من خواص التوتّر السطحي: يتناقص التوتر السطحي بارتفاع درجة الحرارة.
- نسمي قوى التجاذب بين جزيئات السائل وسطح الإناء الذي يحويه **بقوى التلاصق**، ونسمي قوى التجاذب بين جزيئات السائل **بقوى التماسك**.
- **التبلل**: تبلل سطح بسائل هي ظاهرة التلاصق بين السائل والسطح عند ملامسة السائل للسطح.
- عندما تكون قوى التماسك في سائل أكبر من قوى التلاصق فإنّ السائل لا يبلل السطح وتأخذ قطرة السائل على السطح شكل كرة تقريباً.
- عندما تكون قوى التماسك في سائل أصغر من قوى التلاصق فإنّ السائل يبلل السطح وتتمدد عندها قطرة السائل على مساحة من السطح أكبر من أبعاد القطرة في البداية.
- **زاوية التلامس**: هي الزاوية بين السطح الصلب والمستوي المماس لسطح السائل والمرسوم من نقطة تلاقي السائل مع السطح الصلب بحيث تحصر السائل داخلها. بشكل عام إذا كانت زاوية التلامس أصغر من قائمة نقول عن السائل إنّه يبلل السطح، وإذا كانت الزاوية أكبر من قائمة فإننا نقول إن السائل لا يبلل السطح.
- خاصة الأنابيب الشعرية: يُعطى ارتفاع السائل h في أنبوب شعري بقانون جوران Jurin :

$$h = \frac{2\gamma\cos\theta}{\rho g r}$$

حيث: γ التوتر السطحي للسائل. و g تسارع الجاذبية الأرضية، و r نصف قطر الأنبوب الشعري، و ρ الكتلة الحجمية للسائل. و θ زاوية التلامس.

10.4 اللزوجة: نعرّف لزوجة سائل بأنّها مقاومة هذا السائل للجريان أو لتغيير شكله.

تؤدي لزوجة الماء مثلاً لبطء حركة جسم ساقط داخل الماء مقارنة بجسم ساقط في الهواء.

5. الكهرباء الساكنة

1.5 سميت الكهرباء الساكنة بهذا الاسم لأنّها تهتم بدراسة الشحنات الساكنة وآثارها.

2.5 تاريخياً: عرفت الكهرباء الساكنة منذ عهد الإغريق (600 ق.م.)حيث أنّ بعض المواد تكتسب خاصية جذب الأجسام الخفيفة إذا دُلكت بقطعة من الصوف أو الحرير.

3.5 **شحنة الإلكترون**: تُعتبر شحنة الإلكترون أصغر شحنة على المستوى الذرّي. وقد اصطلح أنّ شحنة الإلكترون سالبة، وشحنة البروتون موجبة وتساوي شحنة الإلكترون بالقيمة المطلقة.

4.5 عند دلك جسم بقطعة من الصوف فإنّ هذا الجسم يكسب أو يخسر إلكترونات مما يجعل شحنته سالبة أو موجبة (على الترتيب).

5.5 وحدة قياس الشحنة في الجملة الدولية هي الكولون، ونرمز لها بـ C.

6.5 شحنة الإلكترون $-e$ تساوي $-1.6\times10^{-19}C$.

7.5 الشحنة التي يكسبها جسم معتدل إذا أعطي عدد إضافي n من الإلكترونات تساوي:

$$q = n\times(-e) = n\times(-1.6\times10^{-19})\ C$$

8.5 الشحنة النقطية: هي شحنة متركّزة في نقطة من الفراغ، أو شحنة متركّزة في منطقة من الفراغ أبعاد هذه المنطقة صغيرة مقارنة ببُعد هذه المنطقة عن مكان الدراسة (المراقبة).

9.5 قوة التأثير بين شحنتين q_1 و q_2 المسافة بينهما r تُعطى بقانون كولون:

$$F = -K\frac{q_1\times q_2}{r^2}$$

حيث: $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ وحيث ε_0 تمثّل الثابتة الكهربائية (تُعرف أيضاً باسم سماحية الخلاء).

فإذا كان للشحنتين الإشارة نفسها كانت هذه القوة هي قوة تنافر وإذا كان لهما إشارتين مختلفتين فالقوة هي قوة تجاذب.

10.5 عند شحن ناقل فإنّ قوى التنافر بين الشحنات تدفع هذه الشحنات للتوضّع على سطح الناقل.

6 المغناطيسية والتحريض الكهرطيسي

1.6 الحقل المغناطيسي الساكن: عندما يكون الحقل المغناطيسي ثابتاً مع الزمن نقول عن الحقل المغناطيسي إنّه ساكناً.

2.6 منشأ الحقل المغناطيسي: ينشأ الحقل المغناطيسي عن المواد الممغنطة والتي نسمي الواحد منها مغناطيس. كما ينشأ الحقل المغناطيسي عن التيارات الكهربائية.

3.6 خطوط الحقل المغناطيسي: يولّد المغناطيس بجواره حقلاً مغناطيسياً ، أي في كل نقطة من الفراغ بجوار المغناطيس تظهر آثار الحقل المغناطيسي مثل تدوير أو جذب إبرة ممغنطة.

في حال وضعنا مجموعة من الإبر الصغيرة في المنطقة المحيطة بالمغناطيس نجد أنّها تدور لتصطف على خطوط متصلة، نسمي هذه الخطوط خطوط الحقل المغناطيسي للمغناطيس.

4.6 شدّة الحقل المغناطيسي:

أ) الحقل المغناطيسي المتولّد في مركز ملف أسطواني (طوله كبير مقارنة بنصف قطر مقطعه) عدد لفاته n وطوله L ويعبره تيار شدته I يُعطى بالعلاقة:

$$B = 4\pi \times 10^{-7}\ \frac{n}{L} I$$

ب) الحقل المغناطيس المتولّد عن سلك مستقيم طويل يعبره تيار شدته I يُعطى بالعلاقة:

$$B = 2 \times 10^{-7}\ \frac{I}{r}$$

حيث r بعد النقطة المعتبرة عن المستقيم.

ج) الحقل المغناطيسي الناجم عن ملف دائري عدد لفاته n يعبره تيار I ونصف قطره r وذلك في مركز الملف يُعطى بالعلاقة:

$$B = 2\,\pi \times 10^{-7}\ \frac{n\,I}{r}$$

5.6 الحقل المغناطيسي الأرضي: في المنطقة المحيطة بالأرض يوجد حقل مغناطيسي، بحيث يُمكن تمثيل الأرض بمغناطيس قطبه الشمالي موجود بجوار القطب الجنوبي للأرض، قطبه الجنوبي موجود بجوار القطب الشمالي للأرض.

6.6 يتجه القطب الشمالي لإبرة الممغنطة باتجاه الشمال.

7.6 قوّة لابلاس: إذا مرّ تيار شدّته i في سلك متواجد في منطقة يسودها حقل مغناطيسي B عمودي على السلك فإن جزء من السلك طوله ℓ يخضع لقوّة لابلاس F التي تُعطى بالعلاقة:

$$F = i.\ell.B$$

8.6 التدفق المغناطيسي: ليكن B حقل مغناطيسي منتظم، يعامد المستوي الذي تقع فيه دارة مستوية مساحة السطح الذي تحصره من مستويها S، يُعطى φ تدفق الحقل المغناطيسي من خلال الدارة بالعلاقة:

$$\varphi = B.S$$

9.6 التحريض الكهرطيسي: يتولّد تيار متحرّض في دارة إذا تغيّر التدفق الذي يجتاز الدارة ويدوم هذا التيار ما دام تغيّر التدفق مستمراً.

1. إذا حرّكنا دارة مغلقة في حقل مغناطيسي تتولد في الدارة قوّة محرّكة كهربائية.
2. إذا وضعنا دارة مغلقة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي متغيّر مع الزمن ينشأ في الدارة قوة محرّكة كهربائية.
3. قانون فارادي: ليكن Φ التدفّق الذي يجتاز دارة مغلقة تُعطى القوة المحرّكة الكهربائية e المتولّدة في الدارة بالعلاقة:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

10.6 قانون لنز: إنّ جهة التيار المتحرّض في دارة هي بحيث يولّد هذا التيار آثاراً تعاكس سبب حدوثه.

7 الدارات الكهربائية

1.7 كمية الكهرباء: نسمي مجموع الشحنات الكهربائية التي تعبر سطح ما (مقطع سلك مثلاً) خلال زمن محدد بكمية الكهرباء التي تعبر السطح.

2.7 شدة التيار: المار في سلك أو في عنصر كهربائي هي كمية الكهرباء التي تعبر مقطع السلك أو مقطع العنصر في واحدة الزمن.

3.7 التيّار الكهربائي المتواصل: هو تيار شدّته تبقى ثابتة مع مرور الزمن.

4.7 قياس شدّة التيار الكهربائي

- يُستخدم مقياس أمبير وهو يُربط في الدارة على التسلسل مع العنصر المراد قياس شدّة التيار الذي يعبره.

- هناك نوعان من المقاييس: الرقمي وله شاشة تُظهر قيمة عددية تعبّر عن الشدة (يُعرف باسم الـ AVO-meter: لأنّه يقيس أيضاً فرق الكمون والمقاومة) وهو الأكثر استخداماً حالياً. والتماثلي وهو مقياس تُقرأ فيه شدة التيار من خلال مؤشّر،وهو المقياس الذي كان سائداً قبل ظهور المقياس الرقمي.

5.7 حساب كمية الكهرباء: تُعطى كمية الكهرباء التي تعبر مقطع سلك يمر فيه تيار شدّته i خلال زمن t بالعلاقة:

$$Q = i \times t$$

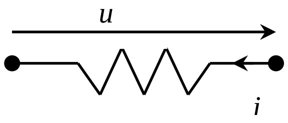
6.7 الكولون: هو كمية الكهرباء التي تجتاز مقطع من دارة يمر فيها تيار شدّته أمبير واحد في ثانية واحدة.

7.7 آثار التيار الكهربائي المتواصل: للتيار الكهربائي المتواصل مجموعة من الآثار المختلفة: فهناك آثار حرارية (مثل رفع درجة حرارة مقاومة كهربائية عند مرور التيار الكهربائي فيها) وآثار ميكانيكية (مثل تدوير محرّك كهربائي يقوم بدوره بإدارة شفرات مروحة) وآثار كيميائية (مثل تحليل الماء في محلول ملحي)

8.7 المقاومة الكهربائية: عنصر كهربائي إذا طُبّق بين طرفيه فرق كمون كهربائي u يمر في تيار كهربائي تُعطى شدّته i بالعلاقة:

$$u = R\,i$$

9.7 يُوَضّح الشكل الآتي طريقة توجيه كل من فرق الكمون والتيار بالنسبة للاتجاهات:



نسمي R قيمة المقاومة الكهربائية للعنصر. يجب الانتباه إلى أننا نطلق التسمية نفسها (مقاومة كهربائية) على كل من العنصر وعلى قيمة المقاومة. وندعو العلاقة السابقة: **قانون أوم**.

10.7 حساب قيمة المقاومة الكهربائية: لحساب قيمة المقاومة الكهربائية لسلك ناقل نستخدم العلاقة:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

حيث ℓ طول الناقل، و S مساحة مقطع الناقل. و ρ مقدار يتعلّق بالمادة التي صُنع منها الناقل ونسميها المقاومة النوعية—للناقل.

11.7 وحدة قياس المقاومة الكهربائية في الجملة الدولية تسمّى: الأوم ونرمز له بـ Ω ونعرّفه بأنّه مقاومة ناقل يمر فيه تيار شدّته أمبير واحد $(1\,A)$ إذا طبقنا بين طرفيه فرق كمون قدره فولط واحد $(1V)$.

12.7 قياس فرق الكمون الكهربائي: يقاس فرق الكمون الكهربائي باستخدام مقياس فولط، وهو يوصل في الدارة على الفرع، أي يوصل بين طرفي العنصر المراد قياس فرق الكمون بين طرفيه.

13.7 نستخدم في التطبيقات العملية مقاومات ثابتة القيمة، ومقاومات يُمكن تغيير قيمها ندعوها بالمقاومات المتغيرة.

14.7 يُمكن وصل المقاومات على التسلسل كما يُمكن وصلها على التفرع، ولحساب قيمة المقاومة المكافئة نستخدم القانونين:

أ) **قانون وصل مجموعة مقاومات R_1 و R_2 و R_3 و... على التسلسل**: قيمة المقاومة ألمكافئة (الكلية) R_{eq} تساوي مجموع المقاومات:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + ...$$

ب) **قانون وصل مجموعة مقاومات R_1 و R_2 و R_3 و... على التفرّع**: مقلوب قيمة المقاومة ألمكافئة (الكلية) R_{eq} تساوي مجموع مقاليب قيم المقاومات أي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ...$$

15.7 المولد الكهربائي المتواصل (أو المستمر)

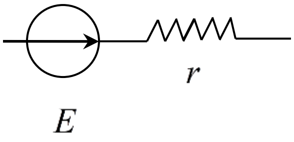
أ) الأبيال الكهربائية: يتكوّن البيل الكهربائي البسيط من إناء زجاجي يحوي محلولاً ناقلاً للتيار الكهربائي غمست فيه صفيحتان معدنيتان ناقلتان من طبيعتين مختلفتين.

ب) يحوّل البيل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخله.

ج) يتميز المولّد بقوة محرّكة كهربائية E ، وهي تساوي فرق الكمون الذي نقيسه بين طرفي المولّد عندما لايكون موصولاً بين قطبي المولّد سوى مقياس الكمون الكهربائي (مقياس فولط). كما يتميّز المولّد بقيمة المقاومة الداخلية r له ونعامل هذه المقاومة على أنّها موصولة على التسلسل مع المولّد ، ويمكن حسابها من قياس شدّة التيار i المار في سلك ناقل مقاومته مهملة يصل قطبي المولّد، عندها تكون المقاومة:

$$r = \frac{E}{i}$$

16.7 تمثيل المولّد الكهربائي: يُمكن تمثيل المولّد الحقيقي بمولّد مثالي أي مولّد مقاومته الداخلية معدومة موصول على التسلسل مع المقاومة الداخلية للمولد.



يُمكن قياس المقاومة الداخلية لبيل كهربائي بوصله بمقاومة خارجية لتكن قيمتها R ، نقيس فرق الكمون بين طرفي البيل وليكن V .نستنتج المقاومة الداخلية من العلاقة:

$$r = R(\frac{E}{V} - 1)$$

تمرين: استنتج العلاقة السابقة.

17.7 ضم الأبيال على التسلسل

أ) القوة المحركة للبيل المكافئ تساوي مجموع القوى المحركة الكهربائية لجميع الأبيال.

ب) المقاومة الداخلية للبيل المكافئ تساوي مجموع المقاومات الداخلية لجميع اللأبيال.

18.7 الطاقة الكهربائية التي يُعطيها بيل قوته المحرّكة الكهربائية E موصول في دارة ممرراً تيار قدره I خلال زمن قدره t تُعطى بالعلاقة :

$$U = E \times I \times t$$

- الاستطاعة التي يُقدّمها البيل السابق:

$$P = \frac{U}{t} = E \times I$$

19.7 تعريف الواط $(Watt)$: هو استطاعة بيل قوّته المحرّكة الكهربائية $1V$ عندما يُغذي الدارة تيار شدتّه $1A$.

20.7 ثنائي القطب الفعال وثنائي القطب غير الفعّال: يُوصف المولّد الكهربائي بأنّه ثنائي قطب فعال لأنّه يُنتج الطاقة، بينما توصف المقاومة الكهربائية بأنّها ثنائي قطب غير فعال فهي لا تُنتج الطاقة.

21.7 الطاقة الكهربائية المصروفة في مقاومة R (مبددة على شكل حرارة) عند مرور تيار شدته i خلال زمن t تساوي :

$$U = R.i^2.t$$

وبافتراض فرق الكمون بين طرفي المقاومة v نجد:

$$U = \frac{v^2.t}{R}$$

22.7 يُمكن تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية باستخدام محرّك كهربائي.

23.7 التيار المتناوب الجيبي:

- تعطى عبارة شدّة التيار المتناوب الجيبي بالعلاقة: $i = i_0 \cos(\omega t + \phi)$، حيث ω النبض و ϕ الطور الابتدائي.
- يُعطى تواتر التيار المتناوب بالعلاقة: $f = \dfrac{\omega}{2\pi}$
- تستخدم شبكة المدينة تواتراً قدره 50هرتز في سوريا وأوروبا، وتستخدم بعض دول العالم مثل أمريكا 60 هرتز.
- الشدّة المنتجة للتيار المتنتوب: $i_{ef} = \dfrac{i_0}{\sqrt{2}}$
- التوتّر المنتج للتيار المتناوب $V_{ef} = \dfrac{V_0}{\sqrt{2}}$ وذلك عندما يعطى التوتّر بالعلاقة: $v = V_0 \cos(\omega t + \varphi)$

– الممانعة :

- لمكثّفة مثالية $Z = \dfrac{1}{cw}$
- لملف مثالي $z = Lw$
- لملف له مقاومة: $z = \sqrt{R^2 + L^2 w^2}$
- لمقاومة ومكثفة مربوطين على التسلسل: $z = \sqrt{R^2 + \dfrac{1}{C^2 w^2}}$

3. الاستطاعة المستهلكة في ثنائي قطب في حالة تيار متناوب جيبي:

بافتراض:

$$i = i_0 \cos(\omega t + \phi)$$

$$v = V_0 \cos \omega t$$

تكون الاستطاعة

$$W = V_{ef}\ i_{ef} \cos\phi$$

8 الأرض والفضاء

1.8 حركة الأرض حول الشمس

- تدور الأرض حول الشمس في مسار إهليلجي، أقرب نقطة من المسار إلى الشمس تساوي 149 مليون كيلومتر، وأبعد نقطة من المسار تبلغ 151 مليون كيلومتر، إذن يُمكن تقريب المسار بمسار دائري نصف قطره 150 مليون كيلومتر.
- يميل محور دوران الأرض حول نفسها عن العمود على مستوي دوران الأرض حول الشمس مما يؤدي إلى تعاقب الفصول على الأرض.
- يبلغ دور الأرض حول الشمس 365.25 يوم.

2.8 حركة القمر حول الأرض

- يدور القمر حول الأرض بدور قدره 29.50 يوم تقريباً.
- يواجه القمر الأرض بالوجه نفسه دوماً.
- تبلغ الجاذبية على سطح القمر سدس الجاذبية على سطح الأرض.

3.8 الخسوف والكسوف

- **خسوف القمر**: يحدث عندما تقع الأرض بين الشمس والقمر بحيث يغطي ظل الأرض جزء من سطح القمر أو يغطيه بكامله.
- **كسوف الشمس**: يحدث عندما يقع القمر بين الشمس والأرض بحيث يحجب القمر جزء من أو كامل قرص الشمس، في الحالة الأولى لدينا كسوف جزئي وفي الثانية لدينا كسوف كلي للشمس.

4.8 المد والجذر

- ينشأ المد والجذر (على الترتيب) نتيجة تحرّك مياه المحيطات والبحار مقتربة أو مبتعدة عن الشاطئ (على الترتيب) بفعل جاذب القمر لهذه المياه،
- يساهم جذب الشمس بصورة أضعف في المد والجذر.
- تكون ظاهرتي المد والجذر في أشد حالاتهما عندما تقع الأرض والقمر والشمس على استقامة واحدة.

5.8 كواكب المجموعة الشمسية

- تدور كواكب المجموعة الشمسية حول الشمس بمسارات دائرية تقريباً، وهذه الكواكب هي حسب ترتيبها انطلاقاً من الأقرب إلى الأبعد هي:

عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري، زحل، أرانوس، نبتون، بلوتو.

- ترتيب الكواكب حسب الحجم من الأكبر إلى الأصغر:

المشتري،زحل، أورانوس، نبتون، الزهرة، الأرض، المريخ، عطارد، بلوتو.

6.8 المجموعة الشمسية والمجرة

- تنتمي المجموعة الشمسية إلى مجرة تضم مليارات النجوم تدعى مجرة درب التبانة أو الطريق الحليبي.
- تبدو مجرّة درب التبانة ليلاً في السماء على شكل قوس ضخم يمتد في السماء الصافية وكأنّه غيمة متطاولة ممتدة من الشمال إلى الجنوب.
- تدور الشمس حول مركز مجرة درب التبانة بدور يساوي 200 مليون سنة.

9. الاهتزازات والأمواج

1.9. الحركة الدورية: نقول عن حركة إنها دورية إذا كررت نفسها في فترات زمنية متساوية.

أمثلة:

- حركة عقرب الساعة.
- حركة القمر حول الأرض.
- حركة الأرض حول الشمس.
- حركة النواس البسيط.

2.9. الدور: هو أصغر فاصل زمني تكرر فيه الحركة نفسها.

في الأمثلة السابقة :

دور عقرب الثواني في الساعة: 60 ثانية

دور القمر حول الأرض: 29 يوم ونصف اليوم تقريباً

دور الأرض حول الشمس: 365 يوم وربع اليوم تقريباً

3.9. الحركة الدورية والحركة الاهتزازية:

- قد تكون الحركة الدورية اهتزازية مثل حركة نواس.
- وقد لا تكون اهتزازية مثل الحركة الدورانية المنتظمة.

4.9. هل كل الحركات الاهتزازية دورية؟

- الحركة الاهتزازية قد تكون دورية مثل حركة النواس بغياب أي احتكاك وبغياب مقاومة الهواء.
- وقد تكون متخامدة مثل حركة نواس بوجود الاحتكاك، حيث أن سعة اهتزاز النواس تتناقص مع الزمن.

5.9. المهتز التوافقي:

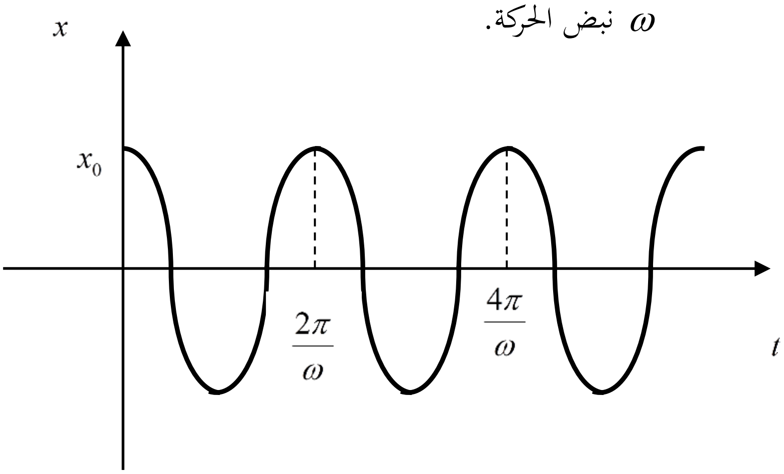
نقول عن حركة اهتزازية إنّها توافقية إذا أمكن تمثيلها بتابع جيبي.

يُعطى مطال الاهتزاز الجيبي بأبسط أشكاله بالتابع:

$$x(t) = x_0 \cos(\omega t)$$

حيث: x_0 سعة الاهتزاز وهي مقدار ثابت

ω نبض الحركة.



نلاحظ أنّ دور الحركة يساوي: $T = \frac{2\pi}{\omega}$

لنحسب الآن تواتر الحركة f :

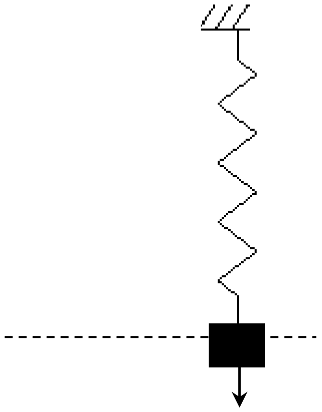
لدينا: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

أي: $\omega = 2\pi f$

نذكّر أن التواتر يقاس بالهرتز ونرمز له بـ Hz

أمثلة على الاهتزازات التوافقية:

- كتلة معلقة بنابض: إزاحة صغيرة عن وضع التوازن وبإهمال التخامد.



$$x(t) = x_0 \cos(\omega t)$$

دور الحركة لكتلة m معلقة بنابض ثابت صلابته k : $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

– النواس البسيط: وهو مكون من كرة صغيرة معلقة بحبل مهمل الكتلة لا يمتط طوله ℓ كبير مقارنة بأبعاد الكرة، يُعطى دور هذا النواس بالعلاقة:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

6.9. أسباب التخامد

يعود تخامد الاهتزاز إلى فقدان طاقة المهتز مع الزمن.

في المثالين السابقين: يؤدي الاحتكاك ومقاومة الهواء إلى تناقص مطال الحركة تدريجياً حتى يتوقف الجسم عن الحركة، بالطبع لا يُمكن أن تكون الحركة جيبية ولكن إذا كان التخامد ضعيفاً يُمكن تقريب الحركة بالجيبية أو التوافقية.

7.9. الحركة الاهتزازية وتوليد الموجة

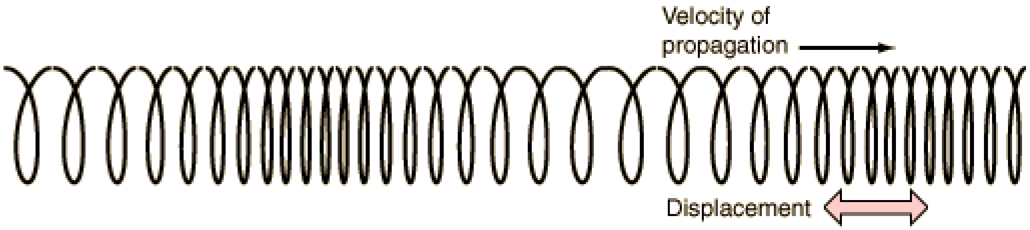
إذا قمنا بهز ساق معدنية (حركة دورية) ملامسة لسطح الماء الراكد تتولد أمواج على سطح الماء.

لو حللنا ما يحدث نجد أن سطح الماء يقوم بحركة اهتزازية شاقولية، بينما تنتشر الموجات بشكل أفقي، أي إنّ الاهتزاز عمودي على جهة الانتشار، نقول في هذه الحالة والحالات المشابهة إنّه لدينا **اهتزازات عرضانية**.

في الموجة العرضانية يكون الاهتزاز عمودي على جهة الانتشار.

إذا قمنا بهز طرف نابض طويل أفقي (طوله من رتبة المتر) بتثبيته بساق أفقية مهتزة أفقياً بسعة ثابتة بتواتر مناسب (5 هرتز مثلاً) ماذا نلاحظ؟

نلاحظ تولّد انضغاطات في النابض تبدأ عند الساق المهتزة وتنتشر باتجاه الطرف الآخر للنابض.



إذا راقبنا نقطة من حلقة من النابض نلاحظ أنّ هذه الحلقة تتحرك مهتزة بحيث تقترب وتبتعد عن طرف النابض أي إنّ حامل حركة النقطة ينطبق على جهة الانتشار.

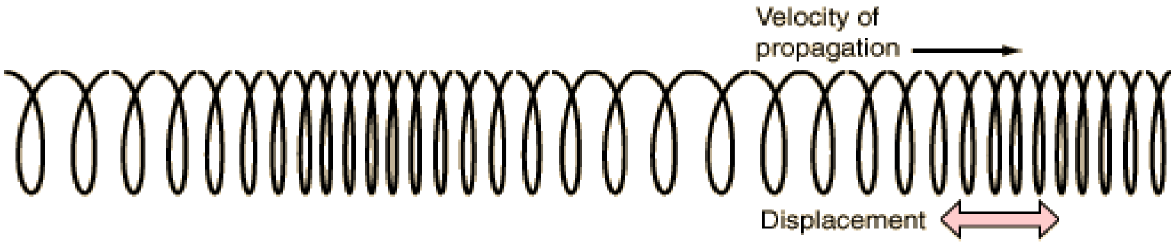
نقول إنّه لدينا **موجة طولانية** حيث تهتز نقاط النابض في اتجاه الانتشار.

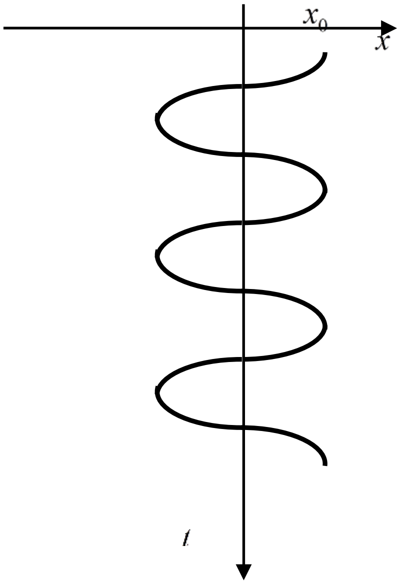
8.9. تمثيل الموجة:

موجة تنتشر باتجاه وحيد، ونفترض غياب أي ضياع للطاقة أي نفترض سوف نمثل أن الاهتزاز يحافظ على سعته في كل نقاط تواجد الموجة.

لنأخذ حالة النابض:

إذا نظرنا إلى نقطة من النابض وتابعنا حركتها مع الزمن نلاحظ أنّها تقوم بحركة اهتزازية توافقية.





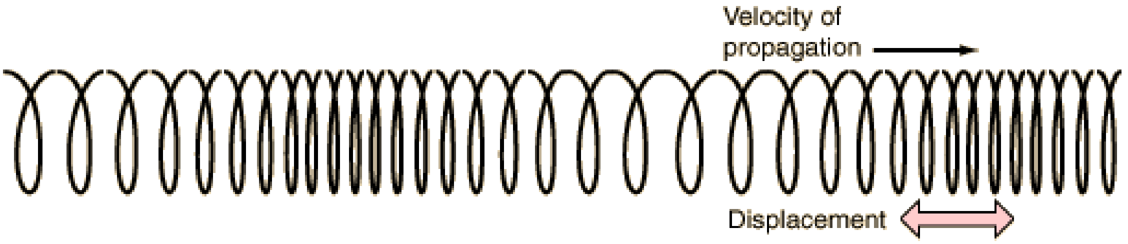
- أي يُعطى مقدار انزياح هذه النقطة عن موضعها بالعلاقة:

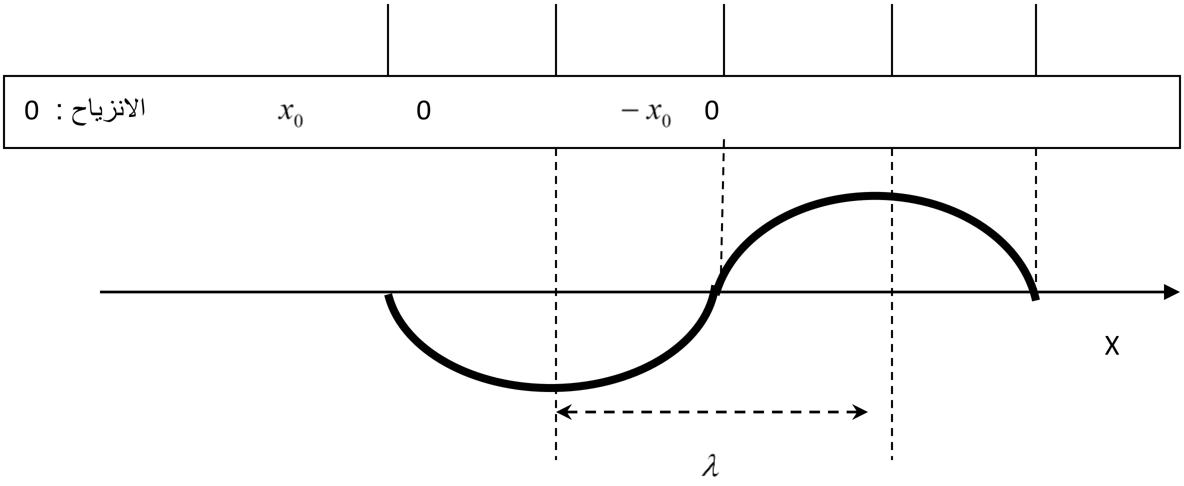
$$x(t) = x_0 \cos(\omega t - \varphi)$$

حيث: φ طور يتعلق بالموضع المختار من النابض.

أي لدينا تابع دوري (بالنسبة إلى الزمن) دوره $T = \frac{2\pi}{\omega}$

- من ناحية ثانية إذا تأملنا كامل نقاط النابض في لحظة ما (للقيام بذلك يُمكن أخذ صورة فوتوغرافية للنابض في هذه اللحظة).





- نجد أنّ الانزياح x لنقطة من النابض عن موضع توازنها تتعلّق بمسافة النقطة X أي ببعدها عن نقطة تعليق النابض.

- وأن هذا الانزياح هو تابع دوري للمسافة، نسمي دور هذا التابع طول الموجة ونرمز له بِ λ.

- ونجد أنّه يُمكن تمثيل الانزياح بالعلاقة:

$$x(X) = x_0 \cos(\frac{2\pi}{\lambda}X - \phi)$$

حيث: ϕ طور يتعلق بالزمن الذي تجري فيه المراقبة.

بناءً على ما سبق نستنتج أنّ الانزياح يتبع الزمن t كما يتبع المسافة X ويمكن كتابة مطال الاهتزاز في نقطة من نابض على الشكل:

$$x(X,t) = x_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}X)$$

حيث: x_0 سعة الاهتزاز.

ω نبض التابع الدوري.

نلاحظ أنه إذا ثبتنا قيمة X (اخترنا حلقة من النابض) ولتكن X_0 نحصل على التابع:

$$x(t) = x_0 \cos(\omega t - \varphi)$$

مع X_0 $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}$ أي نحصل على التابع الأوّل.

ونلاحظ أنّه إذا ثبتنا قيمة t أي نأخذ مثلاً $t = t_0$ نحصل على التابع:

$$x(X) = x_0 \cos(\frac{2\pi}{\lambda}X - \phi)$$

مع $\phi = \omega t_0$

أي نحصل على التابع الثاني.

نسمي التابع السابق بتابع الموجة.

نستنتج أن لتابع الموجة:

- دور يتعلق بالمسافة والدور هو طول الموجة λ،
- و دور يتعلّق بالزمن وهو T.

9.9. سرعة انتشار الموجة:

نلاحظ أنّه في اللحظة $t = 0$ أزحنا النقطة التي تقع في بداية النابض $(X = 0)$ بمقدار x_0 ، وافترضنا أنّ النابض كان ساكناً قبل ذلك، ونظرنا إلى نقطة تبعد مسافة X عن المبدأ، نجد بالنظر إلى العلاقة:

$$x(X, t) = x_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} X)$$

أنّ مطال الاهتزاز في هذه النقطة سيصبح مساوياً x_0 في اللحظة:

$$t = \frac{2\pi}{\lambda\omega} X$$

نستنتج أنّ سرعة الانتشار:

$$v = \frac{X}{t} = \frac{\lambda\omega}{2\pi}$$

10.9. تعميم:

إنّ النتائج السابقة يُمكن تعميمها على أشكال مختلفة من الأمواج، مثل الأمواج الضوئية والصوتية مع ملاحظة أن الأمواج الضوئية تنتشر في الخلاء والأوساط الشفافة.

11.9 الموجة الصوتية

إذا وضعنا غشاء مرن بشكل شاقولي في الهواء وجعلناه يهتز بحركة جيبية بحيث يتحرك أفقياً (بتواتر ضمن المجال المسموع) فإننا نسمع صوتاً، ينجم هذا الصوت عن انتشار الاهتزاز في الهواء، بعبارة أخرى تتولد موجة صوتية. ولو حللنا ما يحدث لوجدنا أنّ الهواء بجوار الغشاء ينضغط فينتقل الانضغاط إلى المنطقة المجاورة بينما يتمدد الهواء المجاور للغشاء (يتخلخل) ثم ينتقل الانضغاط إلى المنطقة المجاورة للثانية و تتمدد الثانية عندئذٍ، وهكذا تنشأ موجة صوتية.

بناء على ما سبق الموجة الصوتية هي موجة طولانية.

12.9 الموجة المتقدّمة

عندما ينتشر الاهتزاز في وسط مرن باتجاه محدد نقول إنّه لدينا موجة متقدّمة.

13.9 الأمواج المستقرّة

- تحدث ظاهرة انعكاس الموجة عندما ترد الموجة على حاجز، فمثلاً إذا ولدنا موجة مكوّنة من نبضة وحيدة في حبل مشدود ومربوط في حائط نلاحظ أنّ النبضة تصل إلى طرف الحبل المربوط ثم ترتد عنه.
- عند ورود موجة على سطح يفصل وسطي انتشار مختلفين فإنّه تنشأ موجة مرتدة بمطال أصغر من مطال الموجة الواردة، كما تنشأ موجة عابرة تتقدم في الوسط الثاني تتمتع أيضاً بمطال أصغر من مطال الموجة الواردة. (مثال: حزمة ضوئية ترد على السطح الفاصل بين الهواء والماء)
- نعرّف معامل الانعكاس المطالي بأنّه نسبة مطال الموجة المنعكسة على مطال الموجة الواردة. ونعرّف مطال العبور بأنّه نسبة مطال الموجة العابرة على مطال الموجة الواردة.

- إذا قمنا بربط طرف حبل بزراع تقوم بحركة اهتزازية بشكل شاقولي، وكان الحبل مشدود ومربوط أفقياً إلى الحائط تتولد في الحبل أمواج مستقرة، نميّز فيها بطون وعقد اهتزاز، ولا بدّ من تحقق الشرط التالي:
- طول الحبل يساوي عدد صحيح من نصف طول الموجة مضافاً إليه ربع طول موجة.
- بطون الاهتزاز هي النقاط التي يبلغ فيها الاهتزاز قيماً عظمى. وعقد الاهتزاز هي النقاط التي يبلغ فيها الاهتزاز قيماً صغرى.
- تبلغ المسافة بين عقدتي اهتزاز متجاورتين نصف طول الموجة.
- إذا كانت v سرعة الانتشار في الحبل و f تواتر الاهتزاز فإنّ المسافة بين عقدتين متتاليتن تساوي $d = \frac{v}{f}$.

10. الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية

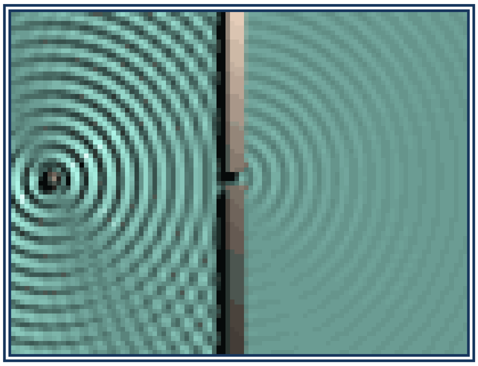
- يمتد الطيف المرئي على مجال أطوال الموجات $4\mu m$ إلى $7\mu m$ بشكل تقريبي، علماً أن بعض البشر يُمكنهم الرؤية ضمن المجال ما بين $3.8\mu m$ و $7.8\mu m$ تُعد الإصدارات التي تتمتع بأطوال موجة أكبر ضمن الإصدارات تحت الحمراء، أما الإصدارات التي لها أطوال موجة أصغر فهي تُصنّف ضمن الأشعة تحت البنفسجية.
- الأشعة تحت الحمراء لا تُرى بعين الإنسان، وتتمتع بتواترات أصغر من تواترات الضوء المرئي مما يبرر تسميتها.
- جميع الأجسام التي تزيد درجة حرارتها على الصفر المطلق تُصدر أشعة تحت حمراء وتزداد الإصدارات بزيادة درجة الحرارة كما يزداد متوسط تواتر الإصدار، مما يبرر احمرار التنغستين المسخن وانتقال اللون إلى الأبيض عند درجات حرارة عالية من رتبة 300 درجة . من ناحية أخرى تحتوي الأشعة الصادرة من الشمس على الإصدارات في المجال تحت الأحمر.

- بعض الإصدارات الناجمة عن الذرات والجزيئات الحرّة المثارة تقع في المجال تحت الأحمر.
- بعض الحيوانات مثل الأفعى ترى في الظلام بفضل قدرتها على تحسس الأشعة تحت الحمراء.
- يُمكن الكشف عن الأشعة تحت الحمراء، باستخدام مواد تمتص هذه الأشعة مما يؤدي إلى تسخينها وهذا يسمح بالكشف عن هذه الأشعة. كما أن امتصاص بعض المواد لهذه الأشعة يسمح بتمرير تيار يتناسب مع شدة الأشعة، مما يسمح بالكشف عن هذه الأشعة وقياس شدّتها.
- تستخدم الأشعة تحت الحمراء في مخابر البحث للكشف عن الجزيئات من خلال تحليل طيف امتصاصها في المجال تحت الأحمر وتطبيق ذلك نراه في الكشف عن الملوثات الموجودة في الجو. كما تُصنع آلات تصوير تحتوي على محسات في مجال الأشعة تحت الحمراء تسمح بالرؤية الليلية. إضافة إلى ذلك تستخدم في الاتصالات حيث أن الأشعة المستخدمة في الألياف الضوئية هي تحت حمراء من رتبة $1.5\mu m$، حيث أن امتصاص الألياف هو في حدوده الدنيا مما يخفف من أثر التخامد في هذه الألياف.
- تتمتع الأشعة فوق البنفسجية بتواترات أعلى من تواترات الضوء المرئي مما يبرر تسميتها.
- يحتوي الضوء الصادر من الشمس على الأشعة فوق البنفسجية، غير أن الغلاف الجوي يقوم بامتصاص الجزء الأكبر منه ولا يصل الأرض إلا جزء يسير، وذلك بفضل طبقة الأوزون التي يعود إليها امتصاص الجزء الأكبر من الأشعة فوق البنفسجية.
- بعض الإصدارات الناجمة عن الذرات والجزيئات هي أشعة فوق بنفسجية.
- تستخدم الأشعة فوق البنفسجية بكثرة في الأبحاث العلمية لدراسة الجزيئات والذرات والمواد بشكل عام.
- إن التعرّض لأشعة الشمس يسمح للجسم بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، ولهذا فوائده الصحية إذا كان لفترة صغيرة، غير أن التعرض الطويل له أثر مخرّب لشبكية العين، كما أنّه المسبب الأوّل لسرطان الجلد.

11.التداخل والانعراج في الصوت وعلى سطح الماء

1. سطح الماء وسط متجانس تنتشر فيه الموجة بسرعة ثابتة.
2. عندما تتداخل موجتان على سطح الماء نجد نقاط غير مهتزة من سطح الماء بالرغم من ورود كلا الموجتين إليها، وأخرى تهتز بمطال يساوي مجموع مطالي الاهتزاز للموجتين الملتقيتين.
3. إنّ النقاط التي ينعدم فيها الاهتزاز هي النقاط التي تصلها الموجتان ولكن بجهتي اهتزاز متعاكستين، مما يؤدي إلى تداخل هدام.
4. أما النقاط التي يحدث فيها اهتزاز بمطال أعظم فهي تلك التي تصلها الموجتان وهما تهتزان بالجهة نفسها مما يؤدي إلى اهتزاز أعظم أي تداخل بناء.
5. إذا قمنا بحساب فرق الطور بين الموجتين في نقاط التداخل الهدام نجد أعداد فردية من π . وإذا حسبنا فرق الطور في نقاط التداخل البناء نجد أعداد زوجية من π .

6. يظهر انعراج الأمواج على سطح الماء وذلك بوضع حاجز يحتوي فتحة فنجد ظهور موجة بعد الفتحة كما في الشكل الآتي:



7. التداخل في الأمواج الصوتية

عند تلاقي موجتين صوتيتين بالتواتر نفسه نلحظ التداخل بين الموجتين في منطقة تقاطع الموجتين بحيث تكون هناك شدّة عظمى في النقاط التي تتمتع بفرق في الطور مساوي مضاعف زوجي لـ π، تكون هناك شدّة صغرى في النقاط التي تتمتع بفرق في الطور مساوي مضاعف فردي لـ π.