

# قوانين في الفيزياء

بنان راجي الكريم

14 يونيو 2017



الإهداء إلى كل طالب علم



الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين محمد بن عبد الله عليه وعلى آله أفضل الصلاة والتسليم.

أحمد الله جل وعلا، على أن امتن علي بكتابة هذا الكتيب الخاص بتبسيط الفيزياء، ومع أنه لا يشمل كل أبواب هذا العلم الكريم إلا أنني أرجو أن يكرمني رب العالمين بإضافة ما يتيسر في إصدارات قادمة إن شاء الله.

وأدعوا الله بفضله وكرمه أن يجعلني ممن يشملهم الحديث الشريف «من سلك طريقا يلتمس فيه علما سهل الله له به طريقا إلى الجنة».

حقوق الملكية الفكرية

هذا الكتيب مجاني.

- التصميم والرسوم البيانية باستخدام برنامج ليك Lyx ولغة لتيك LaTeX مفتوح المصدر.

- الرسومات باستخدام برنامج انكسكيب inkscape المفتوح المصدر.

- الاستشهادات مملوكة لأصحابها.



# المحتويات

13	1 الحركة
14	1.0.1 الحركة
14	1.0.1.1 قوانين نيوتن
15	1.0.1.2 معادلات الحركة الخطية
16	1.0.1.3 السقوط الحر
18	1.0.1.4 المقذوفات
20	1.1 التدريبات
21	2 الحركة الدورانية
22	2.1 وصف الحركة الدورانية
22	2.1.1 الإزاحة الزاوية
22	2.1.2 السرعة الزاوية
23	2.1.3 التسارع الزاوي
24	2.1.3.1 معادلات الحركة الزاوية
25	2.1.4 العزم
25	2.1.5 محصلة العزم
26	2.2 الاتزان
26	2.2.1 مركز الكتلة
26	2.2.2 مركز الكتلة والثبات
26	2.2.3 شرط الاتزان
28	2.3 التدريبات
29	3 الزخم وحفظه
30	3.1 الدفع والزخم
30	3.1.1 الدفع
30	3.1.2 الزخم
31	3.1.3 العلاقة بين الدفع والزخم
31	3.2 حفظ الزخم
31	3.2.1 التصادم في بعد واحد
32	3.2.2 التصادم في بعدين
34	3.3 التدريبات
35	4 الشغل والطاقة
36	4.1 الشغل والقدرة
36	4.1.1 الشغل
36	4.1.2 الطاقة الحركية
37	4.1.3 نظرية الشغل الطاقة
37	4.1.4 القدرة
38	4.2 الآلات
38	4.2.1 الفائدة الميكانيكية
38	4.2.2 الفائدة الميكانيكية المثالية
38	4.2.3 الكفاءة
39	4.3 التدريبات

41	5	الطاقة وحفظها
42	5.1	الطاقة وأشكال الطاقة .
42	5.1.1	الطاقة الحركية .
42	5.1.2	الطاقة المخزنة .
42	5.1.2.1	طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية .
43	5.1.2.2	طاقة الوضع المرنة .
43	5.1.2.3	طاقة الوضع السكونية .
43	5.1.3	قانون حفظ الطاقة .
44	5.1.3.1	التصادمات .
45	5.2	التدريبات .
47	6	الطاقة الحرارية
48	6.1	درجة الحرارة وكمية الحرارة .
48	6.1.1	درجة الحرارة .
48	6.1.2	كمية الحرارة .
48	6.1.3	العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الحرارة .
48	6.1.4	الاتزان الحراري .
48	6.1.5	التدفق الحراري وطرقه .
48	6.1.6	الحرارة النوعية والسعة الحرارية .
49	6.2	حالات المادة .
49	6.2.1	الطاقة الكامنة للإنصهار .
50	6.2.2	الطاقة الكامنة للغليان .
50	6.3	قوانين الديناميكا الحرارية .
51	6.3.1	القانون الثاني للديناميكا الحرارية .
52	6.4	التدريبات .
53	7	حالات المادة
54	7.1	الموائع .
54	7.1.1	قوانين الغاز .
54	7.1.1.1	قانون بويل .
55	7.1.1.2	قانون شارل .
55	7.1.1.3	القانون العام للغازات .
56	7.1.1.4	قانون الغاز المثالي .
56	7.2	القوى داخل السوائل .
57	7.3	الموائع الساكنة والمتحركة .
57	7.3.1	الموائع الساكنة .
57	7.3.1.1	مبدأ باسكال .
57	7.3.1.2	قوة الطفو .
58	7.3.2	الموائع المتحركة .
58	7.3.2.1	مبدأ برنولي .
59	7.3.2.2	خطوط الانسياب ونقطة الانفصال .
59	7.4	المواد الصلبة .
59	7.4.1	التمدد الحراري للمواد الصلبة .
59	7.4.2	معامل التمدد الطولي ( $\alpha$ ) .
60	7.4.3	معامل التمدد الحجمي ( $\beta$ ) .
61	7.5	التدريبات .
63	8	الاهتزازات والموجات
64	8.1	الحركة الاهتزازية .
64	8.1.1	النايظ .
64	8.1.1.1	قانون هوك .
64	8.1.1.2	طاقة الوضع المرنة للنايظ .



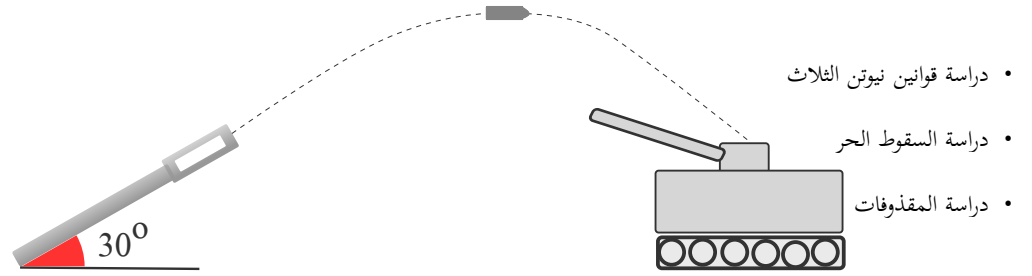
65	8.1.1.3	سرعة النابض عند نقطة معينة
65	8.1.2	البندول
65	8.2	أنواع الموجات
65	8.2.1	الموجات الميكانيكية
65	8.2.2	الموجات الكهرومغناطيسية
66	8.3	خصائص الموجات
67	8.4	التدريبات
<b>69</b>	<b>9</b>	<b>الصوت</b>
70	9.1	خصائص الصوت
70	9.1.1	الموجات الصوتية
70	9.1.2	الكشف عن موجات ضغط الصوت
71	9.1.2.1	حدة الصوت
71	9.1.2.2	علو الصوت
71	9.1.2.3	مستوى الصوت
71	9.1.3	تأثير دوبلر
72	9.1.3.1	أمثلة على تأثير دوبلر
72	9.2	الرنين في الانابيب الهوائية والاورار
72	9.2.1	الرنين في الانابيب الهوائية
72	9.2.1.1	الرنين في الانابيب الهوائية المغلقة
73	9.2.1.2	الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة
73	9.2.1.3	الرنين في الاوتار
73	9.3	الموجات فوق الصوتية
74	9.4	التدريبات
<b>75</b>	<b>10</b>	<b>أساسيات الضوء</b>
76	10.0.1	مصادر الضوء
76	10.0.2	الاستضاءة
77	10.0.3	الطبيعة الموجية للضوء
79	10.1	التدريبات
<b>81</b>	<b>11</b>	<b>المرايا والعدسات</b>
82	11.1	خصائص الضوء
82	11.1.1	سرعة الضوء
82	11.1.2	قانون الانعكاس
82	11.1.3	قانون الانكسار
83	11.1.4	الزاوية الحرجة
83	11.2	المنشور
84	11.3	العدسات الكروية
84	11.3.1	العدسات المحدبة
85	11.3.2	العدسات المقعرة
86	11.3.3	تطبيقات على العدسات
86	11.4	القانون العام للعدسات والمرايا
87	11.4.1	قانون التكبير للعدسات والمرايا
88	11.5	المرايا الكروية
88	11.5.1	المرايا المقعرة
89	11.5.2	المرايا المحدبة
90	11.5.3	تطبيقات على المرايا
90	11.6	القانون العام للعدسات والمرايا
90	11.6.1	قانون التكبير للعدسات والمرايا
91	11.7	الليزر وتطبيقاته
93	11.8	التدريبات

95	12	التداخل والحيود
96	12.1	التداخل
96	12.1.1	أنواع الضوء
96	12.1.2	تجربة يونج
96	12.1.3	التداخل في الأغشية الرقيقة
97	12.1.4	حيود الشق الأحادي
98	12.1.5	محزوز الحيود
98	12.1.6	معياري ريليه
99	12.2	التدريبات
101	13	الكهرباء الساكنة
102	13.1	الشحنات
102	13.1.1	مكونات الذرة
102	13.1.2	الإلكترونات والمواد
102	13.1.3	شحنة الإلكترون
103	13.2	التدريبات
105	14	المجالات الكهربائية
106	14.1	المجال الكهربائي
106	14.1.0.1	الشحنة الكهربائية
106	14.1.0.2	القوة الكهربائية بين الشحنات
106	14.1.1	ثنائي القطب
107	14.1.1.1	عزم ثنائي القطب
107	14.1.1.2	تكوين المجال الكهربائي لثنائي القطب
107	14.1.1.3	شدة المجال الكهربائي ( $E$ )
108	14.1.1.4	شدة مجال الجاذبية ( $g$ )
108	14.1.1.5	قوة المجال الكهربائي على جسيم
109	14.1.1.6	الطاقة الكهربائية الكامنة بين جسيمين مشحونين
109	14.1.1.7	فرق جهد الطاقة الكهربائية الكامنة
109	14.1.1.8	السعة والمكثفات
111	14.2	التدريبات
113	15	التيار المستمر
114	15.1	مصادر التيار الكهربائي
114	15.2	القدرة الكهربائية والشغل والتيار
114	15.3	التيار والشحنة
115	15.4	المقاومة الكهربائية
115	15.5	المقاومة النوعية أو المقاومة
116	15.6	القدرة الكهربائية والمقاومة
116	15.7	الطاقة الكهربائية أو الشغل
117	15.8	التدريبات
119	16	التوصيل على التوالي والتوازي
120	16.1	التوصيل على التوالي
121	16.2	التوصيل على التوازي
123	16.3	التدريبات
125	17	النظرية النسبية
126	17.0.0.1	النظرية النسبية الخاصة
127	17.0.0.2	النظرية النسبية العامة
129	17.1	التدريبات

<b>131</b>	<b>18 الفيزياء الذرية</b>
132 . . . . .	18.0.0.1 وحدات الكتلة الذرية
132 . . . . .	18.0.0.2 معادلة ريدرفورد لتناثر الجسيمات
133 . . . . .	18.0.0.3 معادلة عمر النصف النشط
133 . . . . .	18.0.0.4 قانون الطاقة لاينشتاين
134 . . . . .	18.1 التدريبات
<b>135</b>	<b>19 المفاعلات النووية</b>
136 . . . . .	19.0.1 الذرة
136 . . . . .	19.0.2 المواد المستخدمة في المفاعلات الذرية
137 . . . . .	19.0.3 تخصيب اليورانيوم
138 . . . . .	19.0.4 المحطة النووية
139 . . . . .	19.0.5 أنواع المفاعلات الذرية
139 . . . . .	19.0.6 النفايات النووية
140 . . . . .	19.1 التدريبات
<b>141</b>	<b>20 ملحقات</b>
141 . . . . .	20.0.1 الجدول الدوري للعناصر
143 . . . . .	20.1 بايثون للفيزيائيين



# 1 الحركة



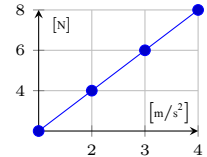
مقدمة

## 1.0.1 الحركة

## 1.0.1.1 قوانين نيوتن

**القانون الأول - قانون القصور الذاتي** يبقى الجسم محافظا على سرعته ( $v \geq 0$ ) ما لم تؤثر عليه قوة خارجية غير متزنة.<sup>1</sup> حين نركل جسما كالكرة إلى الامام فإنه يبدأ بالسير بسرعة كبيرة ثم تبدأ سرعته بالتناقص شيئا فشيئا إلى أن يتوقف، وهذا التناقص في السرعة ناتج عن قوة خارجية نسميها قوة الاحتكاك، ولو لم توجد تلك القوة الخارجية لاستمر الجسم في حركته بتأثير القصور الذاتي، والجسم الساكن مثل الكتاب على الرف سيبقى ثابتا في مكانه بتأثير القصور الذاتي ما لم يأت إنسان ويؤثر عليه بقوة خارجية فيرفعه من مكانه، ويحسن ملاحظة أن القصور الذاتي يزداد بزيادة كتلة الجسم، فالشاحنة الكبيرة يصعب تحريكها إن كانت ساكنة، ويصعب إيقافها إن كانت متحركة لأن قصورها الذاتي كبير نتيجة لكير كتلتها.

$$\sum F_i = 0 \quad (1.1)$$



شكل 1.1: نيوتن الثاني

**القانون الثاني - قانون الديناميكا** القوة المؤثرة على جسم تتناسب طرديا مع تسارعه في اطار مرجعي معين. حين يبدأ القطار بالانطلاق من المحطة فإن سرعته تبدأ بالزيادة من الصفر اثناء وقوفه ثم 1 م/ث، 2، 3، ...، إن هذه الزيادة المطردة في السرعة يطلق عليها فيزيائيا «التسارع الموجب» وهو عكس التسارع السالب الناتج عن تباطؤ الجسم، وقد نتجت الزيادة في سرعة القطار عن قوة يذلها محركه في اتجاه الحركة، فالقوة ولدت زيادة في السرعة أي تسارع موجب، والعكس صحيح، فحين نبذل قوة عكسية بالمكابح (الفرامل) فإن السرعة تقل أي أن التسارع سالب، وهذا هو ما يعنيه قانون نيوتن الثاني.

$$\sum F = ma \quad (1.2)$$

حيث  $F$  القوة،  $m$  الكتلة،  $a$  التسارع.

## مثال 1.0.1 السؤال

أوجد القوة اللازمة لإكساب جسم ساكن كتلته  $4kg$  تسارعا مقداره  $3m/s^2$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $v=3m/s^2$  ،  $m=4Kg$

$$=4 \times 3$$

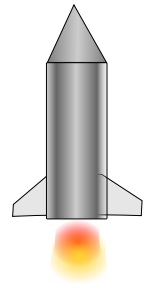
$$=12N$$

النتيجة: القوة التي يجب بذلها على الجسم تساوي 12

نيوتن.

$$F=ma$$

التطبيق:



شكل 1.2: قانون نيوتن الثالث

**القانون الثالث - قانون رد الفعل** لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه. تدخل أحيانا حبات من الغبار إلى الأنف فيعطس الإنسان، ويخرج الهواء من الفم بسرعة  $160km/h$ ، نلاحظ عندها ارتداد الرأس إلى الخلف في اتجاه معاكس لإندفاع هواء العطسة، وهذا ما يحدث أيضا حين يخرج الهواء من مؤخرة الصاروخ، فالغازات المحترقة تندفع بقوة للأسفل ونسميها قوة الفعل بينما جسم الصاروخ يندفع بقوة معاكسة للأعلى وهي ما نسميها قوة رد الفعل وتكونان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، ويجب أن ننتبه إلى الخطأ الشائع القائل لكل فعل/رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه، فليس لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار، فحين تدفع الكرسي للأمام مترا واحدا لن يندفع جسمك للخلف مترا واحدا مع أن الكرسي قد أثر على جسمك بقوة معاكسة تساوي القوة التي بذلتها عليه أثناء الدفع.

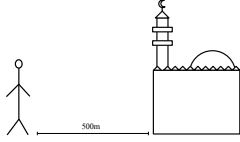
$$F_a = -F_b \quad (1.3)$$

حيث  $F_a$  قوة الفعل،  $F_b$  قوة رد الفعل، والاشارة السالبة تدل على الاتجاه المعاكس.

<sup>1</sup>فيزيائي انجليزي توفي عام 1727م.

**السرعة** هي المسافة التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

أي أن زيادة السرعة تعني زيادة المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن ، فإذا كان لدينا سيارة تقطع  $10\text{km}$  في الساعة وسيارة أخرى تقطع  $20\text{km}$  في الساعة، فهذا يعني أن السيارة الثانية أسرع من الأولى، لأنها تقطع مسافة أكبر في نفس وحدة الزمن وهي هنا الساعة، كما يجب ملاحظة أن السرعة كمية متجهة، فالطائرة التي تطير بسرعة  $1000\text{km/h}$  لن تصل يوما إلى مطار الرياض إذا كان اتجاهها إلى مطار أبها.



شكل 1.3: السرعة

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad (1.4)$$

حيث  $v$  السرعة،  $\Delta d$  التغير في المسافة،  $\Delta t$  التغير في الزمن.

### مثال 1.0.2 السؤال

يقطع شاب المسافة من بينه للمسجد خلال 20 نحسب السرعة.. دقيقة، فإذا علمت أنه يسكن على بعد  $500\text{m}$  عن المسجد، احسب سرعة مشيه؟

**الحل**

$$v = \frac{d}{t}$$

$$= \frac{500}{1200} = 0.4\text{m/s}$$

تعيين المعطيات:  $d=500\text{m}$  ،  $t=20\text{min}$

النتيجة: السرعة التي يسير بها الشاب للوصول للمسجد  $0.4\text{m/s}$  وتساوي  $1.44\text{km/h}$ .

التطبيق: نحول الزمن إلى ثوان..  
 $t=20 \times 60 = 1200\text{s}$

**التسارع** هو معدل تغير السرعة المتجهة خلال وحدة الزمن.

التسارع كمية فيزيائية تعبر بها عن الزيادة أو النقصان في سرعة جسم ما خلال فترة زمنية معينة، فحين ينطلق العداء في مضمار السباق، نقول أن له تسارع موجب، أي زادت سرعته من صفر إلى  $10\text{m/s}$  مثلا، وحين يضغط راكب الدراجة على المكابح الهوائية إلى أن يتوقف، فإننا نقول إن تسارعه سالب، أي نقصت سرعته إلى أن أصبحت صفر.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1.5)$$

حيث  $a$  التسارع،  $\Delta v$  التغير في السرعة.

### مثال 1.0.3 السؤال

انتجت سيارة تستطيع الوصول إلى  $100\text{km/h}$  من التطبيق: السكون خلال  $3.5\text{s}$  ، أحسب تسارعها؟

**الحل**

$$a = \frac{v}{t}$$

$$= \frac{27.77}{3.5} = 7.93\text{m/s}^2$$

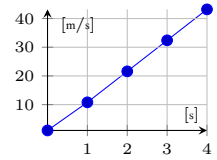
تعيين المعطيات:  $t=$  ،  $v=100\text{km/h}=27.77\text{m/s}$   
 $3.5\text{s}$

النتيجة: تسارع السيارة  $7.93\text{m/s}^2$  متر/ثانية مربعة.

### 1.0.1.2 معادلات الحركة الخطية

معادلات الحركة هي معادلات متعلقة بالحركة الخطية، وتتعامل مع أربع متغيرات هي المسافة والزمن والسرعة والتسارع، والبعض يعتبرها ثلاث معادلات والبعض يعتبرها أربع وبعضهم يقول انها خمس، لكن الحقيقة أنها جميعا مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثالثة والرابعة و...، كأنا نتعامل مع أسرة بها أب وأم ومنهما ينتج الأبناء، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال.

$$v_x(t) = a_0 t + v_0 \quad (1.6)$$



شكل 1.4: القانون الأول

## مثال 1.0.4 السؤال

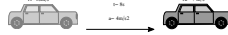
$$v_x(t) = a_0 t + v_0$$

سيارة تسير بسرعة  $10\text{ m/s}$  ثم زادت سرعتها بتسارع مقداره  $4\text{ m/s}^2$ ، احسب السرعة التي ستصلها بعد 8 ثوان ؟

$$= (4 \times 8) + 10$$

الحل

تعيين المعطيات:  $t=8\text{ s}$ ،  $v_0=4\text{ m/s}$ ،  $v=10\text{ m/s}$

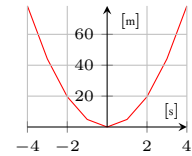


$$= 42\text{ m/s}$$

النتيجة: السرعة التي ستصلها السيارة بعد 8 ثوان تساوي 42 متر/ثانية.

التطبيق:

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \quad (1.7)$$



شكل 1.5: القانون الثاني

## مثال 1.0.5 السؤال

$$= \left(\frac{1}{2} \times 5 \times 9^2\right) + (0 \times 9)$$

جسم ساكن انطلق بتسارع مقداره  $5\text{ m/s}^2$  لمدة 9s ، احسب المسافة التي قطعها ؟

الحل

$$= 202.5 + 0 = 202.5\text{ m}$$

تعيين المعطيات:  $t=9\text{ s}$ ،  $a=5\text{ m/s}^2$ ،  $v_0=0$

التطبيق:

النتيجة: المسافة التي قطعها الجسم تبلغ 202.5 متر.

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t$$

أشهر المعادلات المستنتجة منهما  $v_f^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ .

## 1.0.1.3 السقوط الحر

السقوط الحر هو سقوط الجسم باتجاه الأرض دون تأثير قوة خارجية عدا الجاذبية الأرضية. وليس شرطاً أن يكون الجسم ساقطاً إلى الأسفل، وإنما المقصود أنه جسم يتحرك تحت تأثير الجاذبية سواء للأعلى أو الأسفل، وما يميز هذا النوع من الحركة أننا نستبدل التسارع الخطي  $a$  بتسارع الجاذبية الأرضية  $g$  ذو القيمة الثابتة  $9.8\text{ m/s}^2$  مهما تغيرت كتلة الجسم أو حجمه.



شكل 1.6: السقوط الحر [6]

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t$$

$$x(t) = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t$$

$$v_x(t) = a t + v_0$$

$$v_x(t) = g t + v_0$$

الزمن في السقوط الحر

$$t_g = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1.8)$$

حيث  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية،  $h$  الارتفاع.

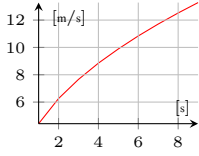
\* طريقة علمية

أعلى سقوط حر للامريكي إيكز الذي قفز من ارتفاع 25 ألف قدم بدون مظلة وسقط على شبكة دون أن يصاب بأذى.



## السرعة في السقوط الحر البسيط

حين نريد حساب سرعة الجسم الساقط سقوط حر، مع تجاهل الاحتكاك بالهواء فإننا نستخدم قانون بسيط، يعتمد على متغير واحد فقط هو الارتفاع، وثابت واحد هو ثابت الجاذبية الأرضية.



شكل 1.7: السقوط الحر

$$v_g = \sqrt{2gh} \quad (1.9)$$

حيث  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية،  $h$  الارتفاع.

### مثال 1.0.6 السؤال

سقط جسم من أعلى مبنى ارتفاعه  $40m$ ، احسب حساب السرعة الزمن اللازم لوصوله للأرض، وسرعته عند ذلك؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $g=9.8m/s^2$ ،  $h=40m$

التطبيق: حساب الزمن

$$t_g = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 40}{9.8}}$$

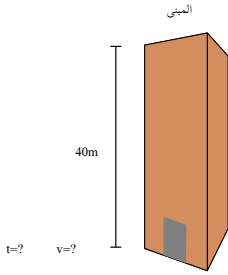
$$= 2.85s$$

$$v_g = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 40}$$

$$= 28m/s$$

النتيجة: سيصل الجسم للأرض بعد 2.85 ثانية وبسرعة 28 متر/ثانية.



شكل 1.8: السقوط الحر

## الدقيق للجسم الكروي

عندما نريد حساب سرعة الكرة التي تسقط سقوط حر، بدقة ومع مراعاة نوع الوسط المادي ولزوجته، فإننا نحتاج إلى قانون أدق.

$$v(t) = \frac{mg}{b} (1 - e^{-\frac{b}{m}t}) \quad (1.10)$$

$$b = -6\pi\mu r \quad (1.11)$$

حيث  $b$  معامل السحب السطحي،  $\mu$  معامل اللزوجة،  $r$  نصف قطر الكرة الساقطة.

## السرعة في آلة آتوود

آلة آتوود<sup>2</sup> هي جهاز معلمي مكون من عمود مثبت على قاعدة، وفي أعلى العمود توجد بكرة يحيط بها خيط تعلق في طرفيه كتلتين مختلفتين، بحيث يتحرك الخيط باتجاه الكتلة الأكبر.

البكرة هي عجلة بها فتحة في وسطها وتعمل كمحور دوران لها، وقد تحتوي أنظمة البكرات على أكثر من بكرة، وتتميز أنظمة البكرات بكفاءتها العالية في نقل الطاقة، أي أن نسبة الطاقة المفقودة خلال عملية نقل الطاقة منخفضة جداً.

$$v_x = \sqrt{\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)2gh} \quad (1.12)$$

حيث  $m_1$  كتلة الجسم الأول،  $m_2$  كتلة الجسم الثاني.

<sup>2</sup>آلة تم اختراعها في عام 1784 على يد الانجليزي جورج آتوود.

## مثال 1.0.7 السؤال

$$\Delta F = ma$$

$$(10 \times 9.8) - (8 \times 9.8) = (10 + 8) \times a$$

$$19.6 = 18a$$

$$a = 1.088 \text{ m/s}^2$$

$$v_f^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

$$v_f = \sqrt{(0 + 2 \times 1.088 \times 0.2)}$$

$$= 0.659 \text{ m/s}$$

النتيجة: سرعة حركة الجسمين ستكون 0.659 متر/ثانية.

احسب سرعة حركة جسمين معلقين في طرفي حبل على بكرة حرة الحركة، عندما يصبح الارتفاع بينهما 20cm وكتلتهما 10 و 20 كيلوجرام على التوالي؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $m_2 = 20 \text{ kg}$  ،  $m_1 = 10 \text{ kg}$  ،  $h = 20 \text{ cm}$  ،  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

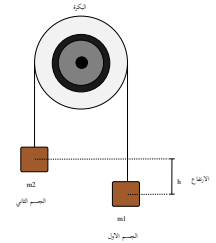
**التطبيق:**

$$v_x = \sqrt{\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) 2gh}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{10 - 20}{10 + 20}\right) \times 2 \times 9.8 \times 0.2}$$

$$= 0.659 \text{ m/s}$$

ويمكن حلها بطريقة أخرى..



شكل 1.9: آلة آتوود

## 1.0.1.4 المقذوفات

عند إنطلاق أو قذف جسم ما إلى الهواء، نسميه في هذه الحالة مقذوف، أي أنه اكتسب طاقة أولية، نتيجة بذل قوة عليه، ثم أصبح يتحرك في الهواء تحت تأثير قوة الجاذبية فقط، وبدون قوة دفع أخرى، سواء داخلية مثل الصاروخ، أو خارجية. إن هذا الجسم سيتحرك في الهواء لفترة ما، ثم يبدأ بالهبوط إلى الأرض بتأثير الجاذبية الأرضية، وأيضاً نتيجة فقد جزء من الطاقة الحركية بتأثير الاحتكاك بالهواء، وغالباً يتم تجاهل الاحتكاك في الأمثلة البسيطة غير التخصصية، وإذا كانت نقطة الانطلاق ونقطة الوصول في مستوى أفقي واحد، يمكننا التعويض مباشرة في القانونين التاليين.

**المسافة النهائية الأفقية في المقذوفات** بعد أن نقذف الجسم، يبدأ بالارتفاع ثم السقوط على الأرض، فإذا اردنا حساب المسافة الأفقية بين نقطة الإطلاق ونقطة الاصطدام بالأرض أو الهدف، نستخدم القانون:

$$x = \frac{2v_0^2 \sin(\theta) \cos(\theta)}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (1.13)$$

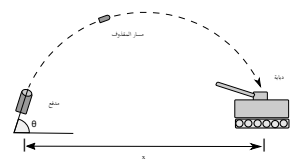


شكل 1.10: المقذوفات [6]

**زمن الوصول الأفقي في المقذوفات** ولحساب الزمن الذي يحتاجه المقذوف من لحظة إطلاقه إلى لحظة اصطدامه بالأرض نستخدم القانون:

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g} \quad (1.14)$$

إن الصيغتين أو المعادلتين السابقتين هي مجرد صيغ لتبسيط وتسريع حل المسائل، لكن أنصح بالتعامل مع الصيغ العامة كما في طريقة الحل الثانية في المثال التالي، لأنها تسمح لنا بحفظ المعادلات الأساسية، ثم نعتمد على ذكائنا وفهمنا للسؤال.



شكل 1.11: المسافة الأفقية في المقذوفات

## مثال 1.0.8 السؤال

أطلقت قذيفة مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها  $300\text{m/s}$  حل آخر باستخدام معادلات الحركة..  
 وبزاوية  $30^\circ$  مع الأفق، احسب بعد الهدف الذي ستصيبه،  
 والزمن اللازم لذلك؟

الحل

تعيين المعطيات:  $\theta=30^\circ$ ،  $v_0=300\text{m/s}$



التطبيق: حساب المسافة النهائية..

$$x = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

$$= \frac{300^2 \times \sin(2 \times 30)}{9.8}$$

$$= 7953.29\text{m}$$

حساب الزمن..

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$$

$$= \frac{2 \times 300 \times \sin 30}{9.8}$$

$$= 30.61\text{s}$$

$$v_y = v \sin \theta \quad (\text{المركبة الرأسية})$$

$$= 300 \sin 30 = 150\text{m/s}$$

$$v_f = v_0 + gt$$

$$0 = 150 + 9.8 \times t$$

$$t = -150 / (-9.8) = 15.3\text{s}$$

هذا زمن الصعود، وزمن الهبوط مثله، فيكون الزمن الكلي  
 $30.6\text{s}$ .

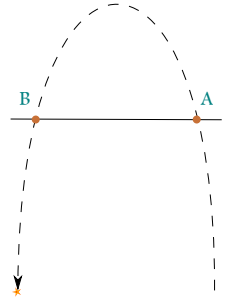
$$v_x = v \cos \theta \quad (\text{المركبة الأفقية})$$

$$= 300 \cos 30 = 259.8\text{m/s}$$

$$x = vt = 259.8 \times 30.6 = 7950\text{m}$$

النتيجة: بعد الهدف الذي ستصيبه القذيفة  $7953.29\text{متر}$ ،  
 وتصله القذيفة بعد  $30.61$  ثانية من إطلاقها.

## 1.1 التدريبات



شكل 1.12: تدريبات 1-5

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$v_x = \sqrt{\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) 2gh}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{15-10}{15+10}\right) \times 2 \times 9.8 \times 0.35}$$

$$= 1.171 \text{ m/s}$$

5- احسب الزمن الذي يحتاجه الأسد للوصول إلى سرعة  $60 \text{ km/h}$  إذا علمت أنه يتسارع من السكون بمقدار  $4.2 \text{ m/s}^2$  ؟

**الحل**  
تعيين المعطيات:  $v_x = 60 \text{ km/h}$  ،  $a = 4.2 \text{ m/s}^2$  ،  
التطبيق:

$$v_x(t) = a_0 t + v_0$$

$$t = \frac{v_x - v_0}{a} = \frac{16.66 - 0}{4.2}$$

$$t = 3.966 \text{ s}$$

6- القوس الانجليزي الطويل يطلق السهم بقوة تساوي  $470 \text{ N}$  ، احسب تسارع السهم الذي كتلته  $0.25 \text{ Kg}$  ، ثم احسب سرعته بعد 2 ثانية؟

**الحل**  
تعيين المعطيات:  $F = 470 \text{ N}$  ،  $m = 0.25 \text{ Kg}$  ،  $t = 2 \text{ s}$  ،  
التطبيق:

$$F = ma$$

$$a = \frac{470}{0.25} = 1880 \text{ m/s}^2$$

أي أن سرعته  $1880 \text{ m/s}$  في الثانية الأولى، ومنه نحسب سرعة السهم المقذوف

$$v_x(t) = gt + v_0$$

$$v_x = ((-9.8) \times 2) + 1880 = 1860.4 \text{ m/s}$$

7- في المقذوفات الحرة، تتساوى سرعة الجسم في أي نقطتين تقعان في مستوى أفقي واحد (شكل 1-10):

1. صحيح ✓ 2. خاطيء

1- احسب الزاوية التي يجب استخدامها لاطلاق قذيفة مدفع هاوتزر  $155 \text{ mm}$  بسرعة  $v_0 = 827 \text{ m/s}$  لكي يصيب هدف على بعد  $x = 24 \text{ km}$  ؟ ثم احسب الزمن اللازم لاصابة الهدف ؟

**الحل**  
تعيين المعطيات:  $x = 24000 \text{ m}$  ،  $v_0 = 827 \text{ m/s}$  ،  
التطبيق:

$$x = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

$$24000 = \frac{827^2 \times \sin(2 \times \theta)}{9.8}$$

$$\sin(2 \times \theta) = \frac{24000 \times 9.8}{827^2}$$

$$\theta = \frac{\sin^{-1}(0.343)}{2} = 10.05 \text{ degrees}$$

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$$

$$= \frac{2 \times 827 \times \sin(10.05)}{9.8} = 29.45 \text{ s}$$

2- ترك جسم ليسقط رأسيا بسرعة  $0 \text{ m/s}$  من أعلى جرف ارتفاعه  $85 \text{ m}$  ؟ كم الزمن اللازم لوصوله للارض؟

**الحل**  
تعيين المعطيات:  $x = 80 \text{ m}$  ،  $v_0 = 0 \text{ m/s}$  ،  
التطبيق:

$$x(t) = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t$$

$$85 = 0.5 \times 9.8 \times t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{85}{4.9}} = 4.165 \text{ s}$$

3- قام نسر بالامساك بسلحفاة كتلتها  $1.3 \text{ kg}$  ثم حملها إلى ارتفاع  $70 \text{ m}$  وألقاها على صخرة لكي تنكسر صدفتها، احسب سرعة اصطدامها بالصخرة الموجودة على الارض ؟

**الحل**  
تعيين المعطيات:  $h = 70 \text{ m}$  ،  $m = 1.3 \text{ Kg}$  ،  
التطبيق:

$$v = \sqrt{2gh}$$

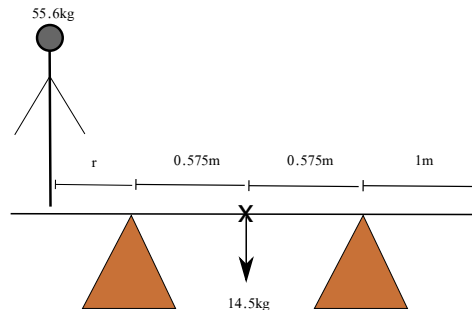
$$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 70}$$

$$= 37.04 \text{ m/s}$$

4- علق جسمين كتلتها  $10$  ،  $15$  كيلوجرام في طرفي آلة آتوود، احسب سرعة حركتهما عندما تكون المسافة الرأسية بينهما  $35$  سنتيمتر ؟

**الحل**  
تعيين المعطيات:  $m_2 = 15 \text{ Kg}$  ،  $m_1 = 10 \text{ Kg}$  ،  $h = 35 \text{ cm} = 0.35 \text{ m}$  ،  
التطبيق:

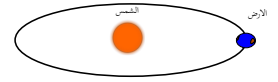
## 2 الحركة الدورانية



- الحركة الدائرية
- العزم
- التوازن

مقدمة

عندما يتحرك جسم في مدار دائري مثل حركة القمر حول الأرض أو حركة عقرب الساعة، فإننا نحتاج إلى وصف هذه الحركة بطريقة فيزيائية لدراساتها والاستفادة منها، ولهذا يعتمد العلماء إلى وصف هذه الحركة بطريقتين: الأولى تصف حركة الجسم بدلالة الزاوية التي يقطعها الجسم حول المركز (الإزاحة الزاوية)، وفي هذه الحالة نسمي حركة الجسم بالحركة الزاوية. أما إذا وصفنا الحركة بدلالة الإزاحة التي يقطعها الجسم على محيط المسار الدائري فإننا نسمي حركة الجسم بالحركة الخطية. وفي كلتا الطريقتين نحن نصف الحركة الدورانية، ولهذا فإننا نستطيع التحويل بين كميات الحركة الزاوية وكميات الحركة الخطية لنفس الجسم باستخدام قوانين سهلة وبسيطة.



شكل 2.1: الشمس والأرض

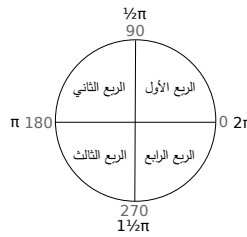
## 2.1 وصف الحركة الدورانية

### 2.1.1 الإزاحة الزاوية

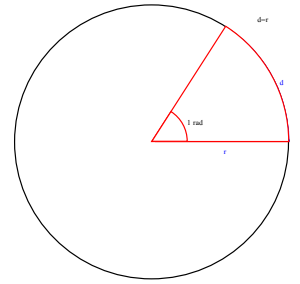
الإزاحة الزاوية هي الزاوية التي يقطعها الجسم أثناء حركته.

Rad	Grad	Deg	
$2\pi$	400	360	الدائرة
$\frac{1}{2\pi}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{360}$	الوحدة الواحدة
$\approx 57.3$	0.9	1	بالدرجات

جدول 2.1: وحدات الحركة الزاوية



شكل 2.2: الزوايا



شكل 2.3: الراديان

والراديان هي وحدة الزوايا في النظام الدولي للوحدات ولهذا فإننا نستخدمها كوحدة أساسية للإزاحة الزاوية، ونعرف الراديان بأنه  $\frac{1}{2\pi}$  من الدورة الكاملة، وهندسيا هو الإزاحة الزاوية التي يساوي قوسها نصف قطر دائرتها.

$$\theta = 2\pi \times \text{عدد الدورات} \quad (2.1)$$

$$d = r\theta \quad (2.2)$$

حيث  $d$  المسافة،  $r$  نصف قطر الدائرة،  $\theta$  الإزاحة الزاوية بوحدة راديان  $rad$ .

### مثال 2.1.9 السؤال

$$d=r\theta$$

$$d=0.1 \times \pi$$

$$d=0.314m$$

إذا تحركت عقارب الساعة من الساعة 12 إلى الساعة 6، فاحسب المسافة القوسية التي يقطعها طرف العقرب، علما أن طول العقرب 10 سنتيمتر؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $\theta = \pi$ ،  $r = 10cm = 0.1m$

التطبيق:

النتيجة: المسافة التي يقطعها طرف عقرب الساعة على محيط الساعة يساوي 0.314 متر.

$$\therefore \text{الدائرة} = 2\pi rad$$

$$\therefore \text{نصف الدائرة} = (\pi rad)$$

\* هدف وجداني

الطواف حول الكعبة في مكة المكرمة يكون عكس عقارب الساعة، أي إشارته موجبة.

### 2.1.2 السرعة الزاوية

السرعة الزاوية هي معدل الإزاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

تدور المروحة حول محورها، وأثناء دورانها تقطع كل ريشة منها إزاحة زاوية، تبدأ من صفر، وحين تتم دورة كاملة نقول إنها قطعت  $2\pi$ ، وإذا أتمت دورتين تكون الإزاحة الزاوية  $4\pi$  وهكذا، لنفرض أنها انجزت الدورتين خلال دقيقة، إذا ستكون السرعة الزاوية  $4\pi \text{ rad/min}$ . تستخدم السرعة الزاوية في معرفة معدل دوران محركات السيارات، البطائرات، مولدات الكهرباء وغيرها من الأجهزة والآلات.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

$$v = r\omega \quad (2.4)$$

حيث  $v$  السرعة الخطية،  $r$  نصف قطر الدائرة،  $\omega$  السرعة الزاوية.  
حيث السرعة الخطية بوحدة  $m/s$ ، والسرعة الزاوية بوحدة  $\text{rad/s}$ ، ونصف القطر بوحدة  $m$ .

### مثال 2.1.10 السؤال

مروحة نصف قطرها 1.2 متر، دارت إزاحة زاوية السرعة الخطية: مقدارها 6 راديان خلال ثانيتين، أوجد السرعة الزاوية والسرعة الخطية لطرفها الخارجي؟

**الحل**

$$v = r\omega$$

$$v = 1.2 \times 3$$

$$\text{تعيين المعطيات: } t = 2s, \theta = 6\text{rad}, r = 1.2m$$

$$v = 3.6m/s$$

التطبيق: السرعة الزاوية:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

النتيجة: السرعة الزاوية للمروحة 3 راديان/ثانية، والسرعة الخطية لها 3.6 متر/ثانية.

$$\omega = \frac{6}{2} = 3\text{rad/s}$$

### 2.1.3 التسارع الزاوي

التسارع الزاوي هو معدل السرعة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

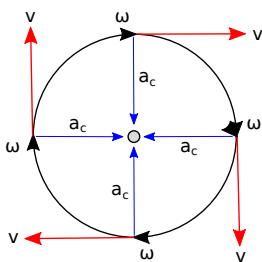
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad (2.5)$$

$$a = r\alpha \quad (2.6)$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = \omega^2 r$$

حيث  $a$  التسارع الخطي،  $r$  نصف قطر الدائرة،  $\alpha$  التسارع الزاوي.



شكل 2.4: اتجاه التسارع الزاوي

حيث التسارع الخطي بوحدة  $\text{m/s}^2$ ، والتسارع الزاوي بوحدة  $\text{rad/s}^2$ ، ونصف القطر بوحدة  $m$ .

## مثال 2.1.11 السؤال

من المثال السابق ، احسب التسارع الزاوي والتسارع الخطي:  
الخطي؟

الحل

تعيين المعطيات:  $t=2s$  ،  $\theta=6rad$  ،  $r=1.2m$

$$a=r\alpha$$

$$a=1.5 \times 3$$

التطبيق: التسارع الزاوي:

$$a=4.5m/s^2$$

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

النتيجة: التسارع الزاوي للمروحة 1.5 راديان/ثانية مربعة،

وتسارعها الخطي 4.5 متر/ثانية مربعة.

$$\alpha = \frac{3}{2} = 1.5 rad/s^2$$

## 2.1.3.1 معادلات الحركة الزاوية

معادلات الحركة الزاوية هي معادلات متعلقة بالحركة الزاوية، وتتعامل مع اربع متغيرات هي الازاحة الزاوية والزمن والسرعة الزاوية والتسارع الزاوي، والبعض يعتبرها ثلاث معادلات والبعض يعتبرها اربع وبعضهم يقول انها خمس، لكن الحقيقة أنها جميعا مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثالثة والرابعة و... ، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال. [8]

$$\omega(t) = \alpha_0 t + \omega_0 \quad (2.7)$$

## مثال 2.1.12 السؤال

تتحرك بكرة من السكون، بتسارع ثابت  $2.6 rad/s^2$  ،  
بعد زمن 6s احسب السرعة الزاوية ؟

الحل

$$= (2.6 \times 6) + 0$$

تعيين المعطيات:  $t=6s$  ،  $\alpha=2.6m/s^2$  ،  $\omega_0=0$

التطبيق:

النتيجة: السرعة الزاوية للبكرة تساوي 1.56 راديان/ثانية.

$$\omega(t) = \alpha_0 t + \omega_0$$

$$\Delta \theta(t) = \frac{1}{2} \alpha t^2 + \omega_0 t \quad (2.8)$$

## مثال 2.1.13 السؤال

من المثال السابق:

احسب الازاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال نفس الزمن ؟ احسب عدد الدورات ؟

الحل

$$rev's = \frac{\Delta \theta}{2\pi}$$

تعيين المعطيات:  $t=6s$  ،  $\alpha=2.6m/s^2$  ،  $\omega_0=0$

$$= \frac{46.8}{2\pi} = 7.4 rev$$

التطبيق:

النتيجة: الازاحة الزاوية للجسم 46.8 راديان، وعدد

الدورات 7.4 دورة.

$$\Delta \theta = \frac{1}{2} \alpha t^2 + \omega_0 t$$

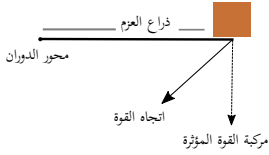
$$= (\frac{1}{2} \times 2.6 \times 6^2) + (0 \times 6)$$



## 2.1.4 العزم

العزم هو مقدرة القوة على إحداث دوران حول محور.  
العوامل المؤثرة في العزم:

1. القوة المؤثرة
2. ذراع العزم
3. زاوية القوة

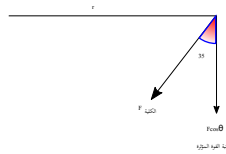
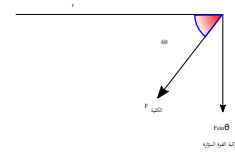
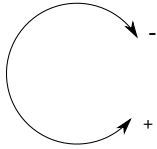


شكل 2.5: العزم

$$\tau = Fr \times \sin\theta$$

(2.9)

حيث  $\tau$  العزم وتنطق تاو ،  $F$  المركبة العمودية للقوة على ذراع العزم ،  $r$  طول ذراع العزم ،  $\theta$  الزاوية بين اتجاه القوة وذراع العزم.

شكل 2.7:  $\tau = Fr \cos\theta$ شكل 2.6:  $\tau = Fr \sin\theta$ 

شكل 2.8: إشارة العزم

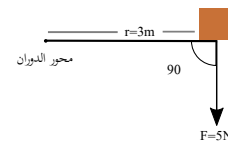
حيث وحدة العزم  $N.m$ ، وحدة القوة نيوتن  $N$ ، وحدة طول ذراع العزم المتر  $m$ ، وتكون إشارة القوة + إذا كانت ذراع العزم تتحرك عكس عقارب الساعة، وتكون - إذا كانت الذراع تتحرك مع عقارب الساعة.

## مثال 2.1.14 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها 5 نيوتن بشكل عمودي على عتلة طولها 3 امتار، فاحسب العزم إذا كان تأثير القوة باتجاه عقارب الساعة؟

الحل

تعيين المعطيات:  $r=3m$  ،  $F=-5N$



$$\therefore \sin 90 = 1$$

$$\therefore \tau = Fr$$

$$\tau = -5 \times 3 = -15 N.m$$

النتيجة: العزم يساوي 15 نيوتن والإشارة السالبة تدل على اتجاه العزم.

والأمثلة على العزم كثيرة، من مفكات البراغي والصواميل، إلى رافعة السيارة، والزرادية تح، مروراً بفك الفم السفلي الذي يتحرك مسبحاً الله واليد التي ترفع المصحف.

## 2.1.5 محصلة العزوم

عند وجود جسم متزن تؤثر عليه أكثر من قوة، نقوم بجمع العزوم جمع جبري مع مراعاة الإشارة (مع عقارب الساعة سالب، عكس عقارب الساعة موجب).

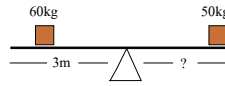
$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots = 0$$

## مثال 2.1.15 السؤال

1- يجلس عمرو (كتلته 50 كيلوجرام) وزيد (كتلته 60 كيلوجرام) على أرجوحة في وضع إتران، فإذا كان بعد زيد عن نقطة الارتكاز 3 أمتار، فما بعد عمرو عنها؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m_2 = 60Kg$  ،  $m_1 = 50Kg$  ،  $r_{زيد} = 3m$



$$\tau_1 + \tau_2 = 0$$

$$F_{زيد} \times r_{زيد} - F_{عمرو} \times r_{عمرو} = 0$$

$$60 \times 9.8 \times 3 = 50 \times 9.8 \times r_{عمرو}$$

$$180 = 50 r_{عمرو}$$

$$r_{عمرو} = \frac{180}{50} = 3.6m$$

التطبيق: سنعتبر أن عمرو يؤثر مع عقارب الساعة وزيد عكسها

النتيجة: بعد عمرو عن نقطة الارتكاز يساوي 3.6 متر.



شكل 2.9: التوازن [6]

## 2.2 الاتزان

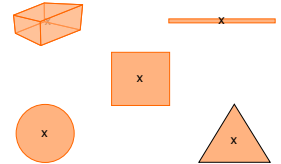
## 2.2.1 مركز الكتلة

يعرف مركز الكتلة بأنه نقطة على الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي يتحرك بها الجسم النقطي، ونستطيع القول أن مركز الكتلة قد يكون نقطة خارج الجسم مثل حدوة الفرس، والحلقة المعدنية لكن غالبا ما يكون مركز الثقل نقطة على الجسم. التوازن ونستطيع تحديد مركز الثقل بطريقتين:

- إذا كان الجسم منتظم الشكل فإن مركز ثقله هو مركزه الهندسي، مثل مركز ثقل المسطرة منتصفها، ومركز ثقل القرص الدائري وسطه، وهكذا بالنسبة لبقية الاشكال الهندسية المنتظمة.

- إذا كان الجسم غير منتظم، نقوم بتعليقه من أي نقطة فيه وبعد أن يستقر، نرسم خط عمودي على الارض ويخرج من نقطة التعليق، ثم نعيد تعليق الجسم من نقطة أخرى ونرسم خط جديد، فيكون مركز الثقل هو نقطة تقاطع الخطين.

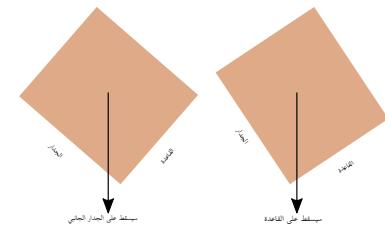
إذا كان الجسم من غير جامد وليس له شكل ثابت مثل جسم الإنسان فإن مركز ثقله يتغير بتغير شكله أثناء الحركة، لكن بالعموم مركز كتلة الإنسان يقع في الجزء العلوي من جسمه، ولهذا فإن الإنسان الذي يسقط من مكان مرتفع جدا ، يستدير جسمه تلقائيا بحيث يصبح الرأس للأسفل والأرجل للأعلى.



شكل 2.10: مركز الكتلة

## 2.2.2 مركز الكتلة والثبات

حين نجعل مركز كتلة جسم ما على نقطة ارتكاز فإنه يستقر بغض النظر عن شكل هذا الجسم، ولكن قد نحتاج إلى فائدة أعمق قليلا، وهي دراسة استقرار الأجسام المتحركة سواء كانت الحركة بسيطة موضعية مثل تحريك صندوق، أو حركة انتقالية مثل حركة السيارة.



شكل 2.12: مركز الكتلة

مثلا لو كان لدينا صندوق وأملناه بحيث يتركز على إحدى زواياه، فهل سيعود لوضعه السابق ويستقر أم يسقط على جانبه؟ ببساطة نسقط خط من مركز الكتلة وعمودي على الأرض، فإن مر الخط بقاعدة الصندوق سيستقر الصندوق على قاعدته، وإن مر الخط بالضلع الجانبي للصندوق فسيسقط على جانبه.

وينطبق هذا الأمر على السيارة، ولهذا تحرص شركات السيارات عموما على جعل مركز كتلة السيارة منخفض لكي يصعب إنقلابها، كما أن الإنسان الذي ينزل من الجبل يميل بجسمه للخلف أثناء نزوله لكي يجعل مركز ثقله ماراً بقدميه، فإن اخطأ ومال بجسمه للأمام سيمر مركز ثقله أبعد من قدميه وعندها سيبدأ بالتدحرج والسقوط.



شكل 2.11: حدوة الفرس

## 2.2.3 شرطا الاتزان

يوجد شرطان للاتزان:

• أن يكون الجسم في حالة إتران إنتقالي.

$$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots = 0$$

- أن يكون الجسم في حالة إتران دوراني .

$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots = 0$$

### مثال 2.2.16 السؤال

يقف رجل كتلته  $55.6\text{ kg}$  على لوح خشبي متزن وكتلته  $14.5\text{ kg}$  وطوله  $3.15\text{ m}$ ، ومحمول على قاعدتين تبعد كل منهما  $1\text{ m}$  عن طرفي اللوح، احسب بعد الرجل عن طرف اللوح ؟

**الحل**

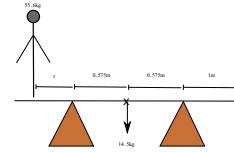
تعيين المعطيات:  $m_{\text{الرجل}} = 55.6\text{ Kg}$  ،  $m_{\text{اللوح}} = 14.5\text{ Kg}$  ،  $r_{\text{مركز اللوح}} = 0.575\text{ m}$  ،

$$\sum \tau = 0 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots$$

$$14.5 \times 0.575 = 55.6 \times r$$

$$r = \frac{14.5 \times 0.575}{55.6} = 0.15\text{ m}$$

النتيجة: الرجل يبعد  $0.15$  متر عن طرف اللوح.



الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
1	الازاحة الزاوية	$\theta$	راديان
2	السرعة الزاوية	$\omega$	راديان/ثانية
3	التسارع الزاوي	$\alpha$	راديان/ثانية مربعة
4	العزم	$\tau$	نيوتن . متر
5	الكتلة	m	كيلوجرام

جدول 2.2: وحدات الحركة الدورانية

## 2.3 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$d=r\theta$$

$$=384 \times 10^6 \times 188.49$$

$$=72.382 \times 10^9 m$$

5- احسب قوة الشد في الحبل الموضح بالشكل ( تدريبات 2-14 ) ، إذا كان الذراع في حالة اتزان ؟

الحل

تعيين المعطيات: في الشكل 2-14  
التطبيق:

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 0$$

$$F \times 0.9 \times \sin 30 - 10 \times 0.5 \times \sin 60 - 70 \times 1 \times \sin 60 = 0$$

$$F \times 0.9 \times \sin 30 = 4.33 + 60.62$$

$$F = \frac{64.96}{0.779} = 83.38 N$$

6- وحدة العزم هي :

$$N/m^2 \quad 3. \quad N \quad 1.$$

$$\checkmark N.m \quad 4. \quad N/m \quad 2.$$

7- الإزاحة الزاوية في كل دورة كاملة تساوي:

$$3\pi \quad 3. \quad \pi \quad 1.$$

$$4\pi \quad 4. \quad \checkmark 2\pi \quad 2.$$

8- مركز كتلة المربع يوجد في:

1. نقطة تقاطع القطريه.  $\checkmark$  2. الركن العلوي الأيسر. 3. الركن العلوي الأيمن.

4. منتصف قاعدته.

1- ساعة مكة هي أكبر ساعة برج في العالم، ويبلغ طول عقرب الدقائق 22 متر، أوجد السرعة الزاوية والسرعة الخطية للعقرب على محيط الساعة ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $r=22m$  ،  $\Delta\theta=2\pi$  ،  $t=1h=3600s$

التطبيق:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{3600} = 0.00174 \text{ rad/s}$$

السرعة الخطية:

$$v = r\omega$$

$$v = 0.00174 \times 22$$

$$v = 0.038 \text{ m/s}$$

2- يتعلق طفل صغير كتلته 20 كيلوجرام بكامل ثقله بأكره الباب لكي يستطيع فتحه، احسب العزم الذي يؤثر به الطفل على طرف الأكره علماً أن طول الأكره عشر سنتيمترات؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=20Kg$  ،  $r=10cm=0.1m$   
التطبيق:

$$\tau = Fr$$

$$= -20 \times 9.8 \times 0.1 = -19.6 \text{ N.m}$$

3- احسب الإزاحة الزاوية التي يتمها القمر حول الأرض خلال شهر قمري كامل؟

الحل

تعيين المعطيات: عدد الدورات = 30  
التطبيق:

$$\theta = 2\pi \times \text{عدد الدورات}$$

$$= 2\pi \times 30 = 188.49 \text{ rad}$$

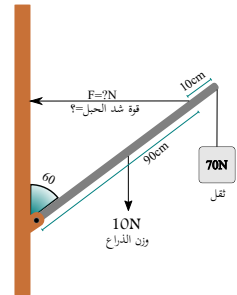
4- إذا علمت أن نصف قطر مدار القمر حول الأرض يساوي  $384 \times 10^6 m$  ، احسب المسافة الخطية المقطوعة ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $r=384 \times 10^6 m$   
التطبيق:

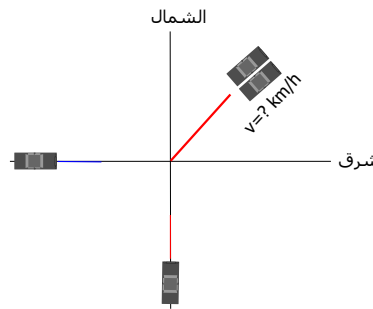


شكل 2.13: أكره الباب



شكل 2.14: تدريبات 2-5

### 3 الزخم وحفظه



- الدفع
- الزخم
- التصادم في بعد وبعدين

مقدمة

## 3.1 الدفع والزخم

## 3.1.1 الدفع

الدفع هو حاصل ضرب القوة المؤثرة على الجسم في زمن تأثيرها.

$$J = F\Delta t = m\Delta v \quad (3.1)$$

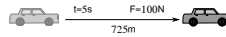
حيث  $\Delta v$  التغير في سرعة الجسم،  $m$  كتلة الجسم،  $F$  القوة المؤثرة،  $t$  زمن التأثير، و  $J$  هو الدفع.

ويكتب بصيغة متقدمة على الشكل التالي:  $J_x = \int_{t_1}^{t_2} F_x(t)dt$   
إن الدفع والزخم لهما نفس الوحدة  $kg.m/s = N.s$ .

## مثال 3.1.17 السؤال

1- أثرت بقوة مقدارها 100 نيوتن على سيارة لمدة 5 ثوان، فتحركت لمسافة 725 متر أوجد الدفع المبذول؟  
الحل

تعيين المعطيات:  $F=100N$  ،  $t=5s$



$$v_1 = \frac{80}{3.6} = 22.22 m/s$$

$$v_2 = \frac{100}{3.6} = 27.77 m/s$$

حساب الدفع

التطبيق:

$$J = m\Delta v$$

$$J = F\Delta t$$

$$= m \times (v_2 - v_1)$$

$$= 100 \times 5 = 500 N.s$$

$$= 1000 \times (27.77 - 22.22)$$

النتيجة: الدفع المبذول 500 نيوتن. ثانية.

$$= 5550 N.s$$

2- سيارة كتلتها 1000 كيلوجرام، وسرعتها 80 كيلومتر/ساعة، احسب الدفع اللازم لكي تزيد سرعتها إلى 100 كيلومتر/ساعة؟

الحل

النتيجة: الدفع اللازم لزيادة سرعة السيارة 5550

تعيين المعطيات:  $m=1000Kg$  ،  $v_1=80km/h$  ، نيوتن. ثانية.

## 3.1.2 الزخم

الزخم هو حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

$$p = mv \quad (3.2)$$

حيث  $v$  السرعة الخطية،  $m$  الكتلة،  $p$  الزخم.

## مثال 3.1.18 السؤال

$$p = mv$$

1- تتحرك قذيفة مدفع كتلتها 4 كيلوجرام بسرعة 30

متر/ثانية، أحسب زخم القذيفة؟

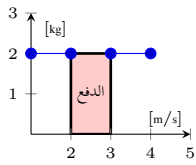
الحل

$$= 4 \times 30 = 120 kg.m/s$$

تعيين المعطيات:  $m=4kg$  ،  $v=30m/s$

النتيجة: زخم القذيفة 120 كجم. متر/ثانية (نيوتن. ثانية).

التطبيق:



شكل 3.1: الدفع - الزخم

## 3.1.3 العلاقة بين الدفع والزخم

نظرية الدفع - الزخم هي نظرية تربط بين الدفع والزخم، وتنص على أن الدفع يساوي الفرق بين الزخم النهائي والزخم الابتدائي (التغير في الزخم  $\Delta P$ ).

$$F\Delta t = p_f - p_i \quad (3.3)$$

$$F\Delta t = mv_f - mv_i$$

حيث  $p_i$  الزخم الابتدائي،  $p_f$  الزخم النهائي.

## مثال 3.1.19 السؤال

$$F \times 7 = (9 \times 50) - (9 \times 20)$$

$$F \times 7 = 450 - 180$$

$$F \times 7 = 270$$

$$F = \frac{270}{7} = 38.57 N$$

1- زادت سرعة جسم كتلته  $9 kg$  من  $20 m/s$  إلى  $50 m/s$  وذلك خلال زمن مقداره  $7 s$ ، أوجد القوة المؤثرة؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m = 9 Kg$ ،  $v_1 = 20 m/s$ ،  $v_2 = 50 m/s$ ،  $t = 7 s$

التطبيق:

$$F\Delta t = p_f - p_i$$

النتيجة: القوة المؤثرة على الجسم تساوي  $38.57$  نيوتن.

## 3.2 حفظ الزخم

ينص قانون حفظ الزخم على أن زخم أي نظام معزول لا يتغير. أي بعد حدوث التصادم بين جسمين فإن المجموع الجبري للزخم قبل التصادم يساوي المجموع الجبري للزخم بعد التصادم، أي أننا يجب أن نراعي نوع الإشارة (+،-) على حسب الاتجاه.

ومعنى نظام معزول:

1. الكتلة ثابتة داخل النظام، فلا تفقد ولا تكتسب  $\sum m = constant$ .

2. محصلة القوى الخارجية المؤثرة على النظام تساوي صفر  $\sum F_{الخارجية} = 0$ .

$$p_{ai} + p_{bi} = p_{af} + p_{bf} \quad (3.4)$$

$$(mv)_{ai} + (mv)_{bi} = (mv)_{af} + (mv)_{bf} \quad (3.5)$$

حيث  $a$  الجسم الأول،  $b$  الجسم الثاني.

## 3.2.1 التصادم في بعد واحد

التصادم في بعد واحد يحدث عندما تكون الاجسام المتصادمة على خط عمل واحد بغض النظر عن كون الاجسام تتحرك بنفس الاتجاه أم باتجاهين متعاكسين، ولا يشترط أن تكون جميع الاجسام المشاركة في التصادم متحركة، فقد يكون بعضها ساكن قبل التصادم.

موجب (+)	سالب (-)
الشرق (اليمين)	الغرب (اليسار)
الشمال (الأعلى)	الجنوب (الأسفل)

جدول 3.1: إشارات الزخم

## مثال 3.2.20 السؤال

1- اصطدمت كرة كتلتها  $4\text{kg}$  ومتحركة بسرعة  $8\text{m/s}$  باتجاه الشرق بكرة أخرى كتلتها  $1\text{kg}$  ومتحركة بسرعة  $3\text{m/s}$  باتجاه الشرق أيضا، إحصب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم إذا علمت أن سرعة الكرة الأولى أصبحت سرعتها  $2\text{m/s}$  باتجاه الشرق ؟

التطبيق:

$$p_{ai} + p_{bi} = p_{af} + p_{bf}$$

$$(mv)_{ai} + (mv)_{bi} = (mv)_{af} + (mv)_{bf}$$

$$(4 \times 8) + (1 \times 3) = (4 \times 2) + (1 \times v_b)$$

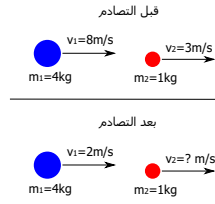
$$32 + 3 = 8 + v_b$$

$$v_b = 35 - 8 = 27\text{m/s}$$

النتيجة: وحيث أن السرعة موجبة، إذا الكرة الثانية تتحرك باتجاه الشرق بسرعة  $27\text{m/s}$ .

الحل

تعيين المعطيات:  $m_b = 1\text{kg}$  ،  $v_{ai} = 8\text{m/s}$  ،  $m_a = 4\text{kg}$  ،  $v_{af} = 2\text{m/s}$  ،  $v_{bi} = 3\text{m/s}$  ،  $1\text{kg}$



## 3.2.2 التصادم في بعدين

وهو تصادم يحدث نتيجة إصطدام جسمين أو أكثر ولا يتحركان على خط عمل واحد، أي توجد زاوية أكبر من صفر بين خطي عمل الجسمين قبل التصادم.

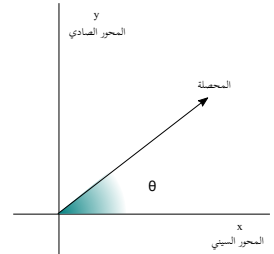
ولحساب محصلة الزخم لقوتين ليستا على خط عمل واحد، نتبع الخطوات التالية:

1- نحسب مركبة الزخم على المحور السيني:  $p_{xi} = (mv)_a + (mv)_b$  (X)

2- نحسب مركبة الزخم على المحور الصادي:  $p_{yi} = (mv)_a + (mv)_b$  (Y)

3- نحسب محصلة الزخم:  $p_f = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$

4- نحسب زاوية محصلة الزخم (عادة المحصورة بين المحصلة والمحور السيني إلا إذا طلب غير ذلك) بواحد من ثلاث طرق:



شكل 3.2: زاوية محصلة الزخم

بين المحصلة والمحور السيني	بين المحصلة والمحور الصادي
$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{p_y}{p_x} \right)$	$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{p_y}{p_x} \right)$
$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{p_x}{p_f} \right)$	$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{p_x}{p_f} \right)$
$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{p_y}{p_f} \right)$	$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{p_y}{p_f} \right)$

جدول 3.2: زاوية محصلة التصادم

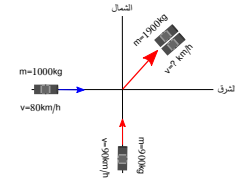


## مثال 3.2.21 السؤال

1- سيارة كتلتها  $1000\text{kg}$  وسرعتها  $80\text{km/h}$  باتجاه الشرق، اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها  $900\text{kg}$  وسرعتها  $90\text{km/h}$  باتجاه الشمال، فالتصقتا معاً، وسارا لمسافة معينة، أوجد سرعتيهما واتجاههما بعد التصادم؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m_a=1000\text{Kg}$  ،  $v_a=80\text{km/h}$  ،  $m_b=900\text{Kg}$  ،  $v_b=90\text{km/h}$



التطبيق:

أولاً نحسب محصلة الزخم في اتجاه المحور  $x$  (شرق-غرب):

$$\begin{aligned} p_{xi} &= (mv)_a + (mv)_b \\ &= (1000 \times 22.22) + (900 \times 0) \\ &= 22220\text{kg.m/s} \end{aligned}$$

ثانياً نحسب محصلة الزخم في اتجاه المحور  $y$  (شمال-جنوب):

$$\begin{aligned} p_{yi} &= (mv)_a + (mv)_b \\ &= (1000 \times 0) + (900 \times 25) \end{aligned}$$

النتيجة: سرعة السيارتين بعد التصادم  $16.64\text{متر/ثانية}$ .

$$=22500\text{kg.m/s}$$

ثالثاً نحسب محصلة الزخمين:

$$\begin{aligned} p_i &= \sqrt{p_x^2 + p_y^2} \\ &= \sqrt{(22220)^2 + (22500)^2} \\ &= 31622.43\text{kg.m/s} \end{aligned}$$

رابعاً نحسب زاوية المحصلة:

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{p_y}{p_x} \right)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{22500}{22220} \right)$$

$$=45.35^\circ$$

∴ محصلة الزخم في اتجاه  $x$  و  $y$  موجبة ← السيارتين في الربع الأول بعد التصادم.

خامساً نحسب سرعة الجسمين بعد التصادم:

$$p_f = v_f \times (m_a + m_b)$$

$$\therefore v_f = \frac{p_f}{(m_a + m_b)}$$

$$v_f = \frac{31622.43}{(1000 + 900)}$$

$$=16.64\text{m/s}$$

$p_y$	$p_x$	
+	+	الربع الأول
+	-	الربع الثاني
-	-	الربع الثالث
-	+	الربع الرابع

جدول 3.3: إشارات الموقع بعد التصادم

الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
الدفع	J	نيوتن. ثانية	$N.s$
الزخم	P	نيوتن. ثانية	$N.s$

جدول 3.4: وحدات الزخم وحفظه

## 3.3 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$Ft = m_2 v_2' - m_1 v_1'$$

$$F \times 0.007 = (0.44 \times 81.28) - 0$$

$$F = \frac{35.76}{0.007} = 5109 N$$

$$p = mv$$

$$= 0.44 \times 81.28 = 35.76 \text{ Kg.m/s}$$

5- سيارة كتلتها  $800 \text{ kg}$  وسرعتها  $50 \text{ km/h}$  باتجاه الشرق، اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها  $750 \text{ kg}$  وسرعتها  $74 \text{ km/h}$  باتجاه الشمال، فالتصقتا معاً، وسارا لمسافة معينة، أوجد سرعتيهما واتجاهيهما بعد التصادم؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m_a = 800 \text{ Kg}$  ،  $v_a = 55 \text{ km/h}$  ،  $m_b = 750 \text{ Kg}$  ،  $v_b = 74 \text{ km/h}$

التطبيق:

محصلة الزخم في اتجاه المحور  $x$  :

$$p_{xi} = (800 \times 15.27) + (750 \times 0)$$

$$= 12216 \text{ kg.m/s}$$

محصلة الزخم في اتجاه المحور  $y$  :

$$p_{yi} = (800 \times 0) + (750 \times 20.55)$$

$$= 15412.5 \text{ kg.m/s}$$

محصلة الزخمين:

$$p_i = \sqrt{(12216)^2 + (15412)^2}$$

$$= 19666.22 \text{ kg.m/s}$$

زاوية المحصلة:

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{15412}{12216} \right)$$

$$= 51.59^\circ$$

1- شاحنة كتلتها  $5$  طن وتسير بسرعة مقدارها  $60$  كيلومتر/ساعة، خرجت عن مسارها واصطدمت بجدار، أحسب زخم الشاحنة لحظة الاصطدام؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m = 5000 \text{ Kg}$  ،  $v = 60 \text{ km/h}$

التطبيق:

$$p = mv = 5000 \times \left( \frac{60}{3.6} \right)$$

$$= 83333.33 \text{ Kg.m/s}$$

2- وحدة الدفع هي:

$$1. N \quad 3. J$$

$$2. N.s \quad 4. J.s$$

2- إن زخم أي نظام معزول لا يتغير:

$$1. \text{ صحيح } \quad 2. \text{ خطأ}$$

3- رجل كتلته  $75 \text{ kg}$  ينطلق من السكون بتسارع  $1 \text{ m/s}^2$  لمسافة  $8$  أمتار، ثم يقفز وهو مندفع، على عربة صغيرة كتلتها  $25 \text{ kg}$ ، احسب سرعتيهما مع تجاهل الاحتكاك؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m_1 = 75 \text{ Kg}$  ،  $v_0 = 0$  ،  $a = 1 \text{ m/s}^2$  ،  $m_2 = 25 \text{ Kg}$  ،  $x = 8 \text{ m}$  ،

التطبيق:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ax$$

السرعة

$$v_f = \sqrt{0 + 2 \times 1 \times 8} = 4 \text{ m/s}$$

الزخم قبل

$$P_i = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$= 75 \times 4 + 0 = 300 \text{ N.s}$$

الزخم بعد

$$P_f = P_i = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$300 = v_f (m_1 + m_2) = 100 v_f$$

$$v_f = \frac{300}{100} = 3 \text{ m/s}$$

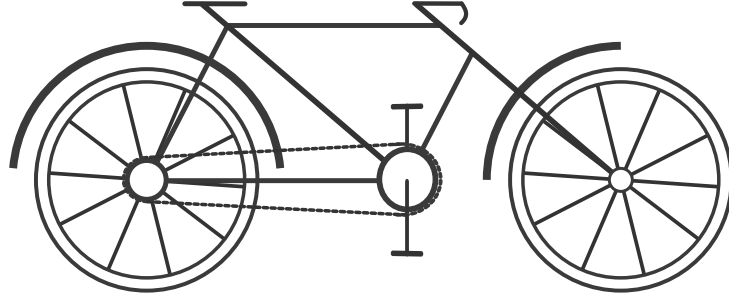
4- اسرع ركلة كرة قدم مسجلة، قام بها روني هيرسون في مباراة لشبونة ونافال عام 2006م، وكانت سرعتها  $292.61 \text{ km/h}$ ، وكتلتها  $440 \text{ grams}$ ، أحسب القوة التي أثرت بها قدم اللاعب على الكرة لمدة  $0.007 \text{ s}$ ، ومقدار الزخم الكلي؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m = 0.44 \text{ Kg}$  ،  $v_2 = 292.61 \text{ km/h}$  ،  $v_1 = 0$  ،  $t = 0.007 \text{ s}$  ،  $440 \text{ g} = 0.44 \text{ Kg}$

التطبيق:

## 4 الشغل والطاقة



- الشغل والقدرة
- نظرية الشغل والطاقة
- الفائدة الميكانيكية

مقدمة

## 4.1 الشغل والقدرة

## 4.1.1 الشغل

الشغل هو حاصل ضرب القوة في الإزاحة التي تحدثها القوة. شغل الحقيقية يجب ملاحظة أن القوة المؤثرة هي القوة في اتجاه الحركة، وعند وجود زاوية بين اتجاه القوة واتجاه الحركة، فإننا نأخذ مركبة القوة التي في اتجاه القوة، اما القوة (أو مركبة القوة) العمودية على اتجاه الحركة فإنها تؤثر على اتجاه الحركة وليس على سرعتها.

$$W = Fd \quad (4.1)$$

حيث  $W$  الشغل جول J ،  $F$  القوة نيوتن N ،  $d$  الإزاحة متر m.

## مثال 4.1.22 السؤال

1- أثرتنا بقوة مقدارها  $10N$  على عربة صغيرة، فسببت

لها إزاحة  $5m$ ، احسب الشغل المبذول على العربة؟

**الحل**

تعيين المعطيات: لأن القوة تؤثر بزاوية  $35^\circ$  مع اتجاه الحركة، فإننا يجب أن نأخذ مركبتها الأفقية وليس القوة بالكامل.

$$d=8m, \theta=35^\circ, F=20N$$

التطبيق:

$$W = Fd$$

$$=20 \times \cos 35^\circ \times 8 = 131.06J$$

النتيجة: الشغل الذي يبذله الرجل  $131.06$  جول.

تعيين المعطيات:  $d=5m, F=10N$

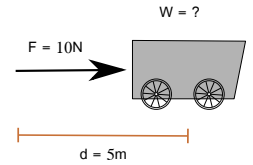
التطبيق:

$$W = Fd$$

$$=10 \times 5 = 50J$$

النتيجة: الشغل المبذول على العربة  $50$  جول.

2- رجل يجرح خلفه حقيبة سفر بعجلات بقوة مقدارها  $20N$ ، عن طريق ذراع الحقيبة الذي يرتفع عن الأفق بزاوية  $35^\circ$  درجة، احسب الشغل الذي يبذله الرجل لسحب



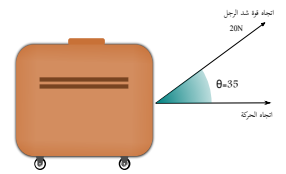
شكل 4.1: الشغل

## 4.1.2 الطاقة الحركية

الطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.2)$$

حيث  $KE$  الطاقة الحركية جول J ،  $m$  الكتلة كيلوجرام kg ،  $v$  السرعة متر/ثانية m/s.



شكل 4.2: شغل الحقيقية

## مثال 4.1.23 السؤال

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

جسم كتلته  $3kg$  ويسير بسرعة مقدارها  $6m/s$ ،

احسب طاقته الحركية؟

**الحل**

$$= \frac{1}{2} \times 3 \times 6^2 = 54J$$

تعيين المعطيات:  $v=6m/s, m=3kg$

التطبيق:

النتيجة: الطاقة الحركية للجسم  $54$  جول.

## 4.1.3 نظرية الشغل الطاقة

تنص نظرية الشغل الطاقة على أن الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية.

$$W = \Delta KE \quad (4.3)$$

$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

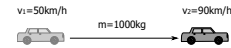
حيث  $KE$  الطاقة الحركية جول  $J$  ،  $m$  الكتلة كيلوجرام  $kg$  ،  $v$  السرعة متر/ثانية  $m/s$ .

## مثال 4.1.24 السؤال

سيارة كتلتها  $1000kg$  تسير بسرعة  $50km/h$  ، التطبيق:  
احسب الشغل اللازم لزيادة سرعتها إلى  $90km/h$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=1000kg$  ،  $v_i=50km/h$  ،  
 $v_f=90km/h=25m/s$  ،  $13.88m/s$



$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$W = \frac{1}{2} \times 1000 \times (25^2 - 13.88^2)$$

$$W = 216172.8J$$

النتيجة: الشغل الذي يبذله محرك السيارة لزيادة سرعتها  
من 50 إلى 90 كم/ساعة يساوي 216 كيلو جول.

## 4.1.4 القدرة

القدرة هي الشغل المبذول مقسوما على زمن انجازه.

$$P = \frac{W}{t} \quad (4.4)$$

$$P = Fv \quad (4.5)$$

حيث  $W$  الشغل جول ،  $P$  القدرة وات ،  $t$  الزمن ثانية ،  $F$  القوة نيوتن ،  $v$  السرعة متر/ثانية.

## مثال 4.1.25 السؤال

احسب قدرة رجل بذل شغلا مقداره  $50J$  لمدة 20 الثانية؟  
السرعة للنظام الدولي؟

الحل

الحل

تعيين المعطيات:  $F=100N$  ،  $v=36km/h=10m/s$

تعيين المعطيات:  $t=20s$  ،  $W=50J$

التطبيق:

التطبيق:

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = Fv$$

$$= \frac{50}{20} = 2.5watt$$

$$= 100 \times 10 = 1000watt$$

النتيجة: القدرة تساوي 2.5 وات.

2- راكب دراجة هوائية يبذل قوة مقدارها  $100N$  ليصل  
لسرعة  $36km/h$  ، احسب قدرة هذا الرجل؟ لا تنس تحويل

النتيجة: القدرة تساوي 1000 وات.

\* ومضة

ع

3

للتحويل من كم/ساعة إلى م/ث نقسم  
على 3.6

## 4.2 الآلات

## 4.2.1 الفائدة الميكانيكية

الفائدة الميكانيكية هي نسبة قوة المقاومة إلى القوة المبذولة.

$$MA = \frac{F_r}{F_e} \quad (4.6)$$

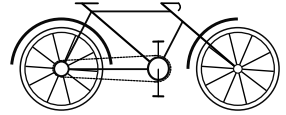
حيث  $MA$  الفائدة الميكانيكية بدون وحدة،  $F_r$  قوة المقاومة وحدتها نيوتن  $N$ ،  $F_e$  القوة المبذولة على الجسم وحدتها نيوتن  $N$ .

## 4.2.2 الفائدة الميكانيكية المثالية

الفائدة الميكانيكية المثالية هي الفائدة الميكانيكية القصوى للآلة، وسميت مثالية لأنها غير موجودة في الطبيعة، وكل ما يتمناه صانع الآلة، أن تكون الفائدة الميكانيكية لآلته قريبة من الفائدة الميكانيكية المثالية لها.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} \quad (4.7)$$

حيث  $IMA$  الفائدة الميكانيكية المثالية بدون وحدة،  $d_e$  إزاحة القوة المبذولة،  $d_r$  إزاحة القوة المقاومة.



شكل 4.3: كفاءة الدراجة

## 4.2.3 الكفاءة

الكفاءة هي مقياس لأداء الآلة أو النسبة المئوية للشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100 \quad (4.8)$$

حيث  $e$  كفاءة الآلة،  $W_i$  الشغل المبذول،  $W_o$  الشغل الناتج.

صيغ أخرى لقانون الكفاءة

$$e = \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times 100$$

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

## مثال 4.2.26 السؤال

$$90 = \frac{1300 \times 0.2}{200 \times d_e} \times 100$$

$$d_e = \frac{1300 \times 0.2 \times 100}{90 \times 200}$$

$$d_e = 1.44m$$

أثرنا بقوة مقدارها  $200N$  على رافعة، لرفع صندوق وزنه  $1300N$  لمسافة  $20cm$ ، احسب المسافة التي يجب علينا تحريك الرافعة إليها علماً أن كفاءة الرافعة  $90\%$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $F_r = 1300N$ ،  $F_e = 200N$ ،  $d_r = 20cm = 0.2m$

التطبيق:

$$e = \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times 100$$

النتيجة: يجب تحريك هذه الرافعة  $1.44$  متر لكي نستطيع رفع الصندوق  $0.2$  متر.

جدول 4.1: وحدات الشغل والطاقة

الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
الشغل	W	جول	J
أنواع الطاقة	KE, PE	جول	J
القدرة	p	وات	watt
الفائدة الميكانيكية	MA	بدون	-
الفائدة الميكانيكية المثالية	IMA	بدون	-
الكفاءة	c	نسبة مئوية	%

## 4.3 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الشغل اللازم بذله على سيارة كتلتها  $1200kg$  لكي تزيد سرعتها من  $60km/h$  إلى  $80km/h$  مع تجاهل الاحتكاك ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=1200Kg$  ،  $v_i=60km/h$  ،  $v_f=80km/h$   
التطبيق:

$$= \frac{2500}{600} = 4.16Watt$$

4- منظومة بكرات رفع (بلنكو) تحتاج لقوة مقدارها  $10N$  لرفع جسم وزنه  $75N$  ، احسب كفاءة الآلة له إذا كانت  $IMA=9$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $IMA=9$  ،  $F_r=75N$  ،  $F_e=10N$

التطبيق: نحسب الفائدة الميكانيكية  $MA$

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$= \frac{75}{10} = 7.5$$

ثم نحسب الكفاءة

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{7.5}{9} \times 100$$

$$= 83.33\%$$

$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$= 0.5 \times 1200 \times \left( \left( \frac{80}{3.6} \right)^2 - \left( \frac{60}{3.6} \right)^2 \right)$$

$$= 0.5 \times 1200 \times \left( (22.222)^2 - (16.666)^2 \right)$$

$$= 129637.03J$$

2- يقوم قارب بجري متزلج بسرعة  $20km/h$  وقوة جر  $F=450N$  ، احسب القدرة المؤثرة على المتزلج؟

الحل

تعيين المعطيات:  $F=450N$  ،  $v=20km/h$   
التطبيق:

$$P = Fv$$

$$= 450 \times \frac{20}{3.6} = 2500Watt$$

5- وحدة القدرة هي:

3.  $N$

1.  $Watt$  ✓

4. ليس لها وحدة

2.  $J$

3- تقوم سيارة بسحب أخرى متعطل على طريق مستوي، فإذا كانت تبذل شغل مقداره  $2500J$  لمدة  $10min$  ، احسب القدرة المؤثرة على السيارة؟

الحل

6- الفائدة الميكانيكية المثالية تكون ..... الفائدة الميكانيكية:

3.  $\geq$

1.  $\leq$

4.  $\checkmark <$

2.  $>$

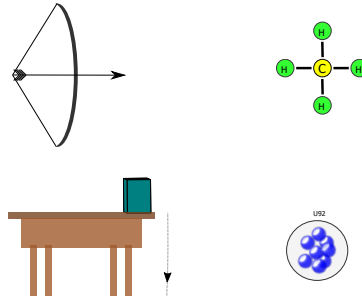
تعيين المعطيات:  $t=10min=600s$  ،  $W=2500J$   
التطبيق:

$$P = \frac{W}{t}$$





## 5 الطاقة وحفظها



- الطاقة وأشكالها
- قانون حفظ الطاقة
- التصادمات

مقدمة

## 5.1 الطاقة وأشكال الطاقة

الطاقة هي مقدرة الجسم على إحداث تغير في نفسه أو الأشياء المحيطة به.

**أشكال الطاقة** للطاقة اشكال كثيرة مثل الطاقة الميكانيكية (الحركية + الكامنة) ، الطاقة الحرارية ، الطاقة النووية ، الطاقة الشمسية ، الطاقة الكيميائية . . . الخ.

### 5.1.1 الطاقة الحركية

الطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.1)$$

حيث  $KE$  الطاقة الحركية جول J ،  $m$  الكتلة كيلوجرام kg ،  $v$  السرعة متر/ثانية m/s.

#### مثال 5.1.27 السؤال

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

احسب الطاقة الحركية لسيارة كتلتها  $1200\text{kg}$  وتسير

بسرعة مقدارها  $110\text{km/h}$  ؟

**الحل**

$$= \frac{1}{2} \times 1200 \times 30.55^2 = 559981.5\text{J}$$

تعيين المعطيات:  $v = 110\text{km/h}$  ،  $m = 1200\text{Kg}$

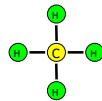
التطبيق:

النتيجة: الطاقة الحركية للسيارة تساوي 559 كيلوجول.

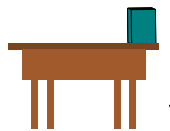
### 5.1.2 الطاقة المخزنة



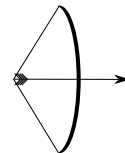
تركيبه النووي



تركيبه الكيميائي



موضعه



شكله

شكل 5.1: طاقة الوضع

هي الطاقة المخزنة في النظام نتيجة تغير في شكله أو موضعه أو تركيبه الكيميائي أو النووي.

#### 5.1.2.1 طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية

هي الطاقة المخزنة في النظام والناشئة عن قوة الجذب بين الأرض والجسم.

$$PE = mgh \quad (5.2)$$

حيث  $PE$  طاقة الوضع وحدتها جول J ،  $m$  الكتلة وحدتها كيلوجرام kg ،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية وحدته متر/ثانية مربعة  $\text{m/s}^2$  ،  $h$  الارتفاع وحدته متر m .

## مثال 5.1.28 السؤال

احسب طاقة الوضع الناشئة عن رفع جسم كتلته  $4\text{kg}$  إلى ارتفاع  $30\text{m}$  عن سطح الأرض ؟

**الحل**

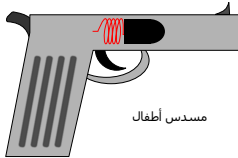
تعيين المعطيات:  $h=30\text{m}$  ،  $m=4\text{Kg}$

$$PE=mgh$$

$$=4 \times 9.8 \times 30 = 1176\text{J}$$

النتيجة: طاقة الوضع التي اكتسبها الجسم  $1176$  جول.

التطبيق:



شكل 5.2: طاقة الوضع المرونية

## 5.1.2.2 طاقة الوضع المرونية

هي الطاقة المخزنة في النظام نتيجة تغير في شكل الأجسام المرنة، مثل انضغاط النابض في مسدس الأطفال، وعصا الزانة في رياضة القفز بالزانة، ووتر القوس في رياضة الرماية بالسهم.

## 5.1.2.3 طاقة الوضع السكونية

هي الطاقة التي تساوي كتلة الجسم مضروبة في مربع سرعة الضوء، ونقيسها بقانون اينشتاين لحساب طاقة الوضع.

$$E_0 = mc^2$$

(5.3)

حيث  $E_0$  طاقة الوضع السكونية وحدتها جول،  $m$  الكتلة وحدتها كيلوجرام  $\text{kg}$ ،  $c$  سرعة الضوء وحدتها متر/ثانية  $\text{m/s}$ .

## مثال 5.1.29 السؤال

احسب طاقة الوضع السكونية الناشئة عن تحويل  $3\text{kg}$  من المادة إلى طاقة ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $c=3 \times 10^8\text{m/s}$  ،  $m=3\text{Kg}$

$$E_0 = mc^2$$

$$=3 \times (3 \times 10^8)^2 = 2.7 \times 10^{17}\text{J}$$

النتيجة: طاقة الوضع السكونية الناتجة عن عملية التحويل تساوي  $2.7 \times 10^{17}$  جول.

التطبيق:

## \* طرفة علمية

القريدس ذو المطرقة يصطاد فريسته بضرب كلابيه ببعضهما مولداً فقاعة بقطر 2 سم من بخار الماء الساخن.

## 5.1.3 قانون حفظ الطاقة

ينص قانون حفظ الطاقة على أنه في نظام معزول، الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر، أي أن المجموع الكلي للطاقة ثابت لا يتغير.

**قانون حفظ الطاقة الميكانيكية** ينص على أنه في نظام معزول، مجموع الطاقة الميكانيكية ثابت، إذا لم توجد أشكال أخرى من الطاقة.

أي أن مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع يبقى ثابت طالما كان النظام معزول، وكل زيادة في الطاقة الحركية يقابلها نقصان في طاقة الوضع، والعكس صحيح، فمثلاً إذا كانت الطاقة الحركية  $7\text{N}$  وطاقة الوضع  $3\text{N}$  في هذه اللحظة فإن الطاقة الميكانيكية لهما  $10\text{N}$ ، وإذا تغيرت الطاقة الحركية إلى  $6\text{N}$  فإن طاقة الوضع ستكون بالتأكيد  $4\text{N}$  لأن مجموع الطاقة الميكانيكية في هذا النظام المعزول يجب أن تظل ثابتة وتساوي  $10\text{N}$ .

وفي الحقيقة إن النظام المعزول هو نظام مثالي غير موجود في الطبيعة، فكل نظام يفقد أو يكتسب جزءاً ولو صغيراً من الطاقة، لكننا نعتبر تجاوزاً النظام معزول إذا كان يفقد أو يكتسب جزء صغير جداً من الطاقة، والنظام الوحيد المعزول هو الكون ككل<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> اعتبار الكون معزول قد يتعارض مع معتقدات الديانات السماوية إذا اعتبرنا أن السماء خارج الكون، فهم يؤمنون بأن الملائكة من نور أي طاقة، تنزل وتضع إلى السماء.

$$E = PE + KE \quad (5.4)$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \quad (5.5)$$

حيث  $E$  الطاقة الميكانيكية،  $PE$  طاقة الوضع،  $KE$  الطاقة الحركية،  $i$  الابتدائية،  $f$  النهائية، ووحدتها جميعا الجول J .

### مثال 5.1.30 السؤال

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

$$9.8 \times 12 = \frac{1}{2}v^2$$

$$9.8 \times 12 \times 2 = v^2$$

$$v = \sqrt{9.8 \times 12 \times 2} = \sqrt{235.2}$$

$$v = 15.33 \text{ m/s}$$

النتيجة: سرعة جوزة الهند لحظة التصادم بالأرض تساوي 15.33 متر/ثانية.

سقطت ثمرة جوز هند كتلتها  $2 \text{ kg}$  من أعلى شجرة ارتفاعها  $12 \text{ m}$ ، إحسب سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض ؟ (تجاهل الاحتكاك بالهواء)

**الحل**

تعيين المعطيات: الطاقة الحركية لحظة السقوط = 0 ، لأن السرعة = صفر

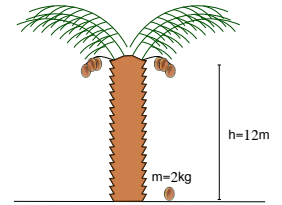
الطاقة الكامنة لحظة ملاسة الأرض = 0 ، لأن

الارتفاع = صفر

$$h = 12 \text{ m}, m = 2 \text{ kg}$$

التطبيق:

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$



شكل 5.3: قانون حفظ الطاقة

### 5.1.3.1 التصادمات

يوجد ثلاثة أنواع من التصادمات:

1. التصادم فوق المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أكبر من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم  $\sum KE_i < \sum KE_f$ ، مثل اصطدام قاذح الزناد بالرصاص.
2. التصادم المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم مساوي لمجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم  $\sum KE_i = \sum KE_f$ ، مثل اصطدام الكرات الزجاجية ببعضها.
3. التصادم تحت المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أقل من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم  $\sum KE_i > \sum KE_f$ ، مثل تصادم كرات الصلصال ببعضها.

الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
الطاقة الحركية	KE	جول	J
طاقة الوضع	PE	جول	J
طاقة الوضع السكونية	$E_0$	جول	J

جدول 5.1: وحدات الطاقة وحفظها

## 5.2 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- يرغب فتية الكشافة في نصب سارية العلم التي ارتفاعها  $4m$  وكتلتها  $10Kg$  ، احسب الشغل اللازم لذلك؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=10Kg$  ،  $h=4m$

\* مركز كتلة السارية منتصفها.  
التطبيق:

$$W=mgh$$

$$=10 \times 9.8 \times 2$$

$$=196J$$

2- احسب الطاقة الحركية لحبة فشار (ذرة جافة) كتلتها  $5grams$  قفزت من المقلاة بسرعة  $5m/s$  ؟ ثم احسب أقصى ارتفاع تصل له ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=5grams=5 \times 10^{-3}Kg$  ،  $v=$

$12m/s$

التطبيق:

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

الطاقة الحركية

$$=\frac{1}{2} \times 0.005 \times 5^2$$

$$=0.0625J$$

أقصى ارتفاع

$$PE=mgh$$

المتجددة:

$$0.0625=0.005 \times 9.8 \times h$$

$$h=\frac{0.0625}{0.049}=1.27m$$

3- انزل طفل كتلته  $40Kg$  على لعبة ترحلق إرتفاع قممتها عن الأرض  $2m$  ، فوصل الأرض بسرعة  $5m/s$  أوجد طاقة الاحتكاك المؤثرة عليه ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=40Kg$  ،  $h=2m$  ،  $v=5m/s$   
التطبيق: طاقة الوضع الكامنة

$$PE=40 \times 9.8 \times 2=784J$$

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

الطاقة الحركية

$$=\frac{1}{2} \times 40 \times 5^2$$

$$=500J$$

$$E_{\text{الاحتكاك}}=PE-KE$$

طاقة الاحتكاك

$$=784-500=284J$$

4- وحدة طاقة الوضع هي:

3.  $N$

1.  $Kg$

4.  $J$  ✓

2.  $Watt$

5- أي من مصادر الطاقة التالية من مصادر الطاقة

المتجددة:

3. اليورانيوم

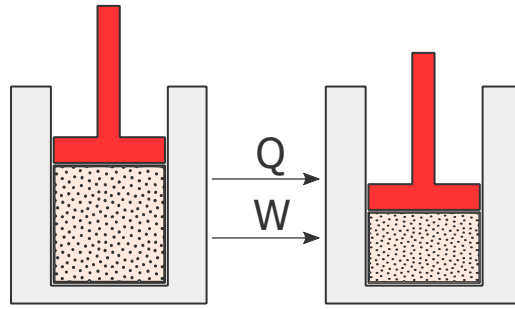
1. الشمس ✓

4. سدود الأنهار ✓

2. الرياح ✓



## 6 الطاقة الحرارية



- درجة الحرارة وكمية الحرارة
- الاتزان الحراري
- الديناميكا الحرارية

مقدمة

## 6.1 درجة الحرارة وكمية الحرارة

### 6.1.1 درجة الحرارة

درجة الحرارة هي صفة في المادة تحدد اتجاه انتقال الحرارة من جسم إلى آخر في الوضع الطبيعي، ففي الطرق الصناعية مثل المبردات يتم انتقال الحرارة من الجزء البارد إلى الجزء الساخن.

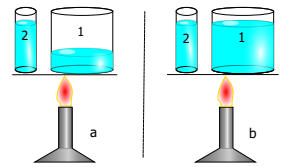
### 6.1.2 كمية الحرارة

كمية الحرارة أو الطاقة الحرارية هي متوسط الطاقة الحركية لجميع جزيئات المادة.

### 6.1.3 العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الحرارة

العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة تشبه العلاقة بين كمية الماء ومستوى الماء في اناء، كيف؟

- إذا كان لدينا وعائين غير متساويين في الحجم ووضعتنا في الاول لتر من الماء، ووضعتنا في الثاني لتر من الماء، فإن مستوى الماء في الاناء الكبير سيكون بالتأكيد أقل من مستوى الماء في الاناء الصغير رغم تساوي كمية الماء فيهما، أي أن تساوي كمية الماء في الوعائين لا يعني بالضرورة تساوي مستوى الماء فيهما.
- إذا ملأنا الوعائين السابقين بحيث يصبح مستوى الماء فيهما متساوي، فإننا سنلاحظ أن كمية الماء في الوعاء الكبير أكبر من كمية الماء في الوعاء الصغير رغم تساوي مستوى الماء فيهما، أي أن تساوي مستوى الماء في الوعائين لا يعني بالضرورة تساوي كمية الماء فيهما.



شكل 6.1: كمية الحرارة

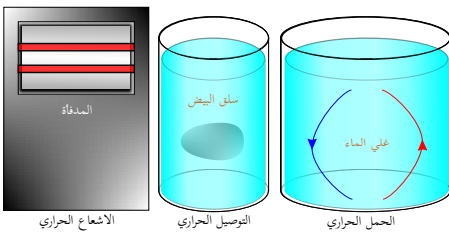
وكذلك بالنسبة لكمية الحرارة ودرجة الحرارة، فحين نرغب بتسخين كميتي ماء مختلفتين في الحجم من 10 درجات مئوية إلى 50 درجة مئوية فإن الكمية الأكبر تحتاج إلى كمية حرارة أكبر رغم تساوي درجة حرارتهما، والعكس صحيح، أي أن تساوي درجة حرارة الجسمين لا يعني بالضرورة تساوي كمية حرارتهما، وتساوي كمية حرارة جسمين لا يعني بالضرورة تساوي درجة حرارتهما.

### 6.1.4 الاتزان الحراري

الاتزان الحراري هو الحالة التي يصبح عندها معتدل التدفق الحراري بين الجسمين متساوي، ودرجة حرارتهما متساوي أيضاً، فحين يضع الانسان يده على جسم ساخن فإنه يشعر بالحرارة لأن الطاقة الحرارية بدأت تنتقل من الجسم الساخن إلى يده، أما إذا وضع يده على جسم بارد فإن الحرارة تبدأ بالانتقال من يده إلى الجسم البارد فيشعر حينها بالقشعريرة.

### 6.1.5 التدفق الحراري وطرقه

الطاقة الحرارية تنتقل من جسم إلى آخر بثلاث طرق هي:



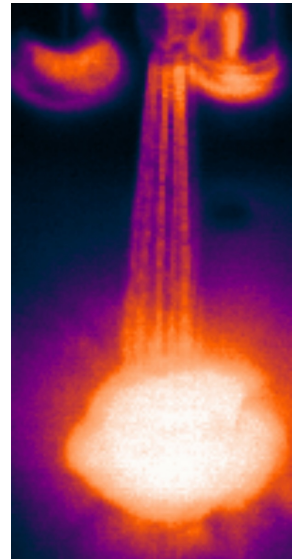
شكل 6.2: طرق التدفق الحراري

- الحمل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق حركة جزيئات المادة من مكان لآخر، مثل انتقال الماء الساخن من قعر الاناء إلى أعلاه، وانتقال التيارات الهوائية والمائية من خط الاستواء إلى القطبين.
- التوصيل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق تصادم الجزيئات ببعضها عن طريق التلامس أو الخلط، مثل تسخين الملعقة بوضعها في الشاي الساخن، أو خلط ماء بارد وماء ساخن.

- الاشعاع الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية، مثل انتقال الحرارة من الشمس إلى الأرض، أو الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن الماء الساخن.

### 6.1.6 الحرارة النوعية والسعة الحرارية

الحرارة النوعية هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة من المادة لدرجة حرارة واحدة. السعة الحرارية هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم لدرجة مئوية واحدة.



شكل 6.3: ماء ساخن



$$Q = mC(T_f - T_i)$$

(6.1)

حيث  $Q$  كمية الحرارة،  $m$  الكتلة،  $T_f$  درجة الحرارة النهائية،  $T_i$  درجة الحرارة الابتدائية.

### مثال 6.1.31 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 3 لتر من الماء من 10 سلزيوس إلى 60 سلزيوس؟

**الحل**

تعيين المعطيات: الحرارة النوعية للماء  $4180 J/kg.^{\circ}C$  ،  
 $m=3L=3Kg$  ،

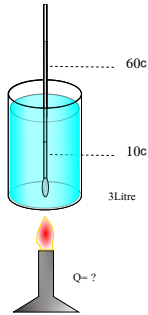
التطبيق:

$$Q = mC(T_f - T_i)$$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين هذا الماء  $50^{\circ}$  سلزيوس تبلغ 627 كيلوجول.

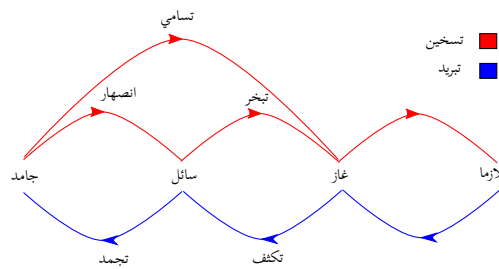
$$= 3 \times 4180 \times (60 - 10)$$

$$= 627 kJ$$



شكل 6.4: الحرارة النوعية والسعة الحرارية

## 6.2 حالات المادة



شكل 6.5: حالات المادة

حالات المادة:

- الجامد: هو الحالة التي يكون للمادة فيها حجم ثابت وشكل ثابت، لأن قوة التماسك بين جزيئاته كبيرة، والمسافة بين ذراته صغيرة، مثل النحاس والصخر، والبلاستيك.
- السائل: هو الحالة التي يكون للمادة فيها حجم ثابت وشكل غير ثابت (تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه)، لأن قوة التماسك والمسافة بين جزيئاته متوسطة، مثل الماء والزيت، والزئبق.
- الغاز: هو الحالة التي يكون للمادة فيها حجم غير ثابت، وشكل غير ثابت (تأخذ حجم وشكل الإناء الذي توضع فيه)، لأن قوة التماسك بين ذراته أو جزيئاته ضعيفة أو معدومة، مثل الأكسجين والهيليوم، والاوزون.
- البلازما: هي الحالة التي تكون فيها ذرات أو جزيئات الغاز في حالة تأين نتيجة درجة الحرارة العالية جداً، مثل خط البرق، أيضاً شرارة الولاعة (القداحة الكهربائية) في المطبخ، والشرارة التي تخرج عند خلع بعض أنواع الملابس، ولحام البلازما.



شكل 6.6: البلازما [6]

### 6.2.1 الطاقة الكامنة للانصهار

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار وحدة الكتل من مادة ما.

$$Q = mH_f$$

(6.2)

حيث  $Q$  كمية الحرارة،  $m$  الكتلة،  $H_f$  الحرارة الكامنة للانصهار.

## مثال 6.2.32 السؤال

$$Q = mH_f$$

احسب كمية الحرارة اللازمة لانصهار 10 جرام من الفلج عند درجة صفر سليوس؟

$$= 10 \times 334 = 3340 J$$

الحل

تعيين المعطيات:  $m = 10g$  ،  $H_f = 334 J/g$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار 10 جرام من الفلج تبلغ 3340 جول.

التطبيق:

## 6.2.2 الطاقة الكامنة للغليان

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لغليان (لتبخير) وحدة الكتل من مادة ما.

$$Q = mH_v$$

(6.3)

حيث  $Q$  كمية الحرارة،  $m$  الكتلة ،  $H_v$  الحرارة الكامنة للتبخير.

## مثال 6.2.33 السؤال

$$Q = mH_v$$

احسب كمية الحرارة اللازمة لتبخير 10 جرام من الماء؟

$$= 10 \times 2260 = 22600 J$$

الحل

تعيين المعطيات:  $m = 10g$  ،  $H_v = 2260 J/g$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير 10 جرام من الماء تبلغ 22600 جول.

التطبيق:

## 6.3 قوانين الديناميكا الحرارية

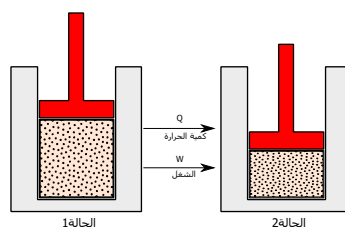
## القانون الاول للديناميكا الحرارية

إن ارتفاع الطاقة الداخلية لنظام ثرموديناميكي معين يساوي كمية الطاقة الحرارية المضافة للنظام، مطروح منه الشغل الميكانيكي المبذول من النظام إلى الوسط المحيط.

$$\Delta U = Q - W$$

(6.4)

حيث  $\Delta U$  التغير في الطاقة الحرارية،  $Q$  كمية الحرارة المضافة ،  $W$  الشغل الذي يبذله الجسم.



شكل 6.7: القانون الاول للديناميكا الحرارية [4]

## 6.3.1 القانون الثاني للديناميكا الحرارية

لا يمكن أن تنتقل كمية من الحرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن إلا ببذل شغل من الخارج. مثلا الحرارة تنتقل من داخل الثلاجة البارد إلى الهواء الخارجي الساخن ببذل شغل خارجي يقوم به ضاغط الثلاجة (الكومبرسور)، فالوضع الطبيعي في الحياة أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، لكن حين فعلنا العكس وجب علينا بذل شغل خارجي.

**الانتروبي** تتزايد انتروبيا أي نظام معزول مع الوقت وتميل الانتروبيا لكي تصل إلى نهاية عظمى سواء في النظام المعزول أو في الكون.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (6.5)$$

حيث  $\Delta S$  التغير في الانتروبي،  $Q$  كمية الحرارة المضافة للجسم،  $T$  درجة حرارة الجسم بالكالفن.

## مثال 6.3.34 السؤال

$$= -\frac{2.26 \times 10^6}{373.15}$$

$$= -6.057 \times 10^3 \text{ JK}^{-1}$$

احسب التغير في الانتروبي عند تكثف 1 كيلوجرام من بخار الماء عند درجة حرارة 100 مئوية، وواحد ضغط جوي عند نفس الظروف، حيث الطاقة الكامنة للتبخير؟ [2]

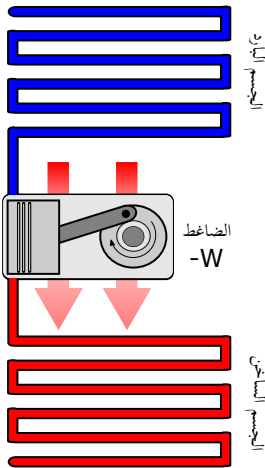
**الحل**

تعيين المعطيات:  $T=373.15$ ،  $Q=2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$

التطبيق:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

النتيجة: التغير في الانتروبي يساوي  $-6.057 \times 10^3$  جول/كالفن.



شكل 6.8: الثلاجة

الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
1 درجة الحرارة	T	كالفن	K
2 كمية الحرارة	Q	جول	J
3 الحرارة النوعية	C	جول/كجم. سلايزوس	$J/kg \cdot ^\circ C$
4 طاقة الانصهار	$H_f$	جول/جم	$J/g$
5 طاقة الغليان	$H_v$	جول/جم	$J/g$
6 الانتروبي	$\Delta S$	جول/كالفن	$JK^{-1}$

جدول 6.1: وحدات الطاقة الحرارية

## 6.4 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$E = \frac{m \times d}{1.6} = \frac{70 \times 2.765}{1.6}$$

$$= 121 \text{ Cal} \times 4.1868 = 506.6 \text{ J}$$

$$Q = mC\Delta T$$

$$506.6 = 1 \times 4180 \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{506.6}{4180} = 0.12^\circ \text{C}$$

4- احسب الزيادة في درجة حرارة لتر من الماء حين يكتسب الطاقة التي يستهلكها الحاج في الطواف حيث متوسط طول أشواط الطواف السبعة 1830 متر ؟

5- إذا علمت أن الإنسان يحتاج لحرق 7000 كالوري لكي يفقد 1Kg من كتلته، احسب التغير في درجة حرارة 1Kg من الماء، إذا اكتسب الماء الطاقة المبذولة لحرق 3Kg من جسم الانسان؟

الحل  
تعيين المعطيات:  $C = 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ \text{C}$  ،  $m = 3 \text{ Kg}$   
التطبيق: الطاقة بالجول  $Q = 3 \times 7000 \times 4.1868$

$$= 87922.8 \text{ J}$$

التغير في درجة الحرارة  $Q = mC\Delta T$

$$\Delta T = \frac{87922.8}{4180} = 21^\circ \text{C}$$

6- وحدة التغير في الانتروبي هي:

$$1. \text{ N} \quad 3. \text{ J/s}^2$$

$$2. \text{ } \sqrt{\text{J/K}} \quad 4. \text{ m.s}^s$$

1- احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 5 لتر من الماء من 10 سليزيوس إلى 60 سليزيوس، الحرارة النوعية للماء؟

الحل

تعيين المعطيات:  $C = 4180 \text{ J/kg} \cdot ^\circ \text{C}$  ،  $m = 5 \text{ L} = 5 \text{ Kg}$

التطبيق:

$$Q = mC(T_f - T_i)$$

$$= 5 \times 4180 \times (60 - 10)$$

$$= 1045 \text{ kJ}$$

2- كم الطاقة الحرارية اللازمة لاذابة قطعة زبدة لذيدة كتلتها 250g تلزم لاعداد وجبة كبدية؟

الحل

تعيين المعطيات:  $H_f = 60 \text{ J/g}$  ،  $m = 250 \text{ g}$   
التطبيق:

$$Q = mH_f$$

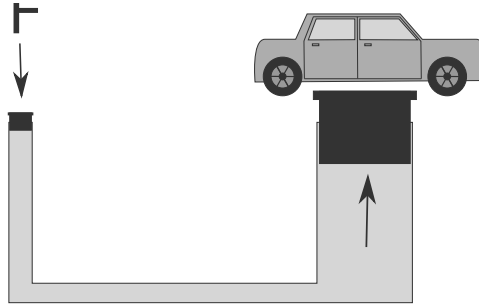
$$= 250 \times 60 = 15000 \text{ J}$$

3- عندما يسعى حاج كتلته 70Kg في الحج، فيقطع مسافة 2765m في سبعة أشواط، احسب الزيادة في درجة حرارة لتر من الماء حين يكتسب الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m = 70 \text{ Kg}$  ،  $d = 2765 \text{ m}$   
التطبيق: الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي

## 7 حالات المادة



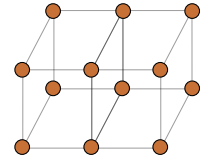
- القانون العام للغازات
- مبدأ أرخميدس
- التمدد الحراري

مقدمة

## 7.1 الموائع

الموائع هي المواد التي لها خاصية الجريان أو الانتشار، فهي تشكل السوائل والغازات.

ضغط السائل هو وزن عمود السائل المؤثر على نقطة معينة.



شكل 7.1: انتظام الذرات

$$P = h\rho g \quad (7.1)$$

حيث  $P$  ضغط السائل،  $h$  ارتفاع السائل،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية،  $\rho$  كثافة السائل.

## مثال 7.1.35 السؤال

أوجد ضغط الماء على نقطة في قاع مسبح عمقه  $3m$  التطبيق:  
وكثافة الماء  $1000kg/m^3$  ؟ (تجاهل الضغط الجوي)

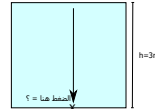
الحل

تعيين المعطيات:  $\rho=1000kg/m^3$  ،  $h=3m$

$$P=h\rho g$$

$$=3 \times 9.8 \times 1000$$

$$=29400Pa$$



النتيجة: ضغط الماء على قاع المسبح يساوي 29.4 كيلوباسكال.

\* طريقة علمية

3

من السنة النبوية، التكبير عند صعود الجبال والتسبيح عند النزول منها، وهذا يفتح قناة مناكيبوس فيتعادل الضغط حول الطلبة، ولا نشعر بالآلام في الأذن.

الضغط الجوي هو وزن عمود الهواء الممتد من النقطة إلى نهاية الغلاف الجوي والمؤثر على وحدة المساحات. ويعادل عند مستوى سطح البحر 1013 ملي بار أو  $10kg/cm^2$  أو  $100kN/m^2$ ، الباسكال Pa يساوي  $N/m^2$ ، لكن هذه القيمة تتأثر أيضا بدرجة الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر، ويمكن حسابه بالقانون التالي.

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{L \cdot h}{T_0}\right)^{\frac{g \cdot M}{R \cdot L}} \quad (7.2)$$

حيث  $P$  الضغط الجوي،  $P_0$  الضغط عند سطح البحر  $101325Pa$ ،  $L$  معدل تغير درجة الحرارة مع الارتفاع  $0.0065K/m$ ،  $h$  الارتفاع عن سطح البحر،  $T_0$  درجة الحرارة عند سطح البحر  $288.15K$ ،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية  $9.80665m/s^2$ ،  $M$  الكتلة المولارية للهواء الجاف  $0.0289644kg/mol$ ،  $R$  ثابت الغازات العام أو ثابت بولتزمان  $8.31447J/mol \cdot K$ .

## مثال 7.1.36 السؤال

$$=101325 \times \left(1 - \frac{0.0065 \times 1000}{288.15}\right)^{\frac{9.80665 \times 0.0289644}{8.31447 \times 0.0065}}$$

$$=90098.297Pa$$

$$\Delta L = 1000 \times 0.0065$$

$$=6.5^\circ K$$

النتيجة: التغير في درجة الحرارة يساوي 6.5 كالفن.

احسب الضغط الجوي عند ارتفاع 1000 متر عن سطح البحر، ثم احسب التغير في درجة الحرارة بفعل الارتفاع عن مستوى سطح البحر ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $h=1000m$

التطبيق:

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{L \cdot h}{T_0}\right)^{\frac{g \cdot M}{R \cdot L}}$$

## 7.1.1 قوانين الغاز

## 7.1.1.1 قانون بويل

ينص قانون بويل على أنه عند ثبوت درجة الحرارة فإن حجم غاز معين يتناسب عكسيا مع ضغطه. مثل تغير حجم الغاز في حقنة طبية مليئة بالغاز عند ضغطها.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{ثابت} \quad (7.3)$$

حيث  $P_1, P_2$  الضغط الأول والثاني للغاز،  $V_1, V_2$  الحجم الأول والثاني للغاز

### مثال 7.1.37 السؤال

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

1- غاز حجمه  $100\text{cm}^3$  وضغطه  $101.3\text{kPa}$ ، أوجد ضغطه عندما نجعل حجمه  $80\text{cm}^3$  مع ثبوت درجة الحرارة ؟

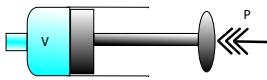
**الحل**

تعيين المعطيات:  $P_1 = 101.3\text{kPa}$  ،  $v_1 = 100\text{cm}^3$  ،  $v_2 = 80\text{cm}^3$

$$P_2 = \frac{101.3 \times 100}{80} = 126.62\text{kPa}$$

النتيجة: ضغط الغاز سيصبح 126 كيلوباسكال.

التطبيق:



شكل 7.2: بويل

### 7.1.1.2 قانون شارل

ينص قانون شارلز على أنه عند ثبوت الضغط فإن حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن، وتحديداً عند زيادة درجة حرارة الغاز درجة كالفن واحدة فإن حجمه يزداد بمعدل  $\frac{1}{273}$  من حجمه الأصلي.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{ثابت} \quad (7.4)$$

حيث  $T_1, T_2$  درجة الحرارة الأولى والثانية للغاز،  $V_1, V_2$  الحجم الأول والثاني للغاز

### مثال 7.1.38 السؤال

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

غاز حجمه  $25\text{cm}^3$  ودرجة حرارته  $280\text{K}$ ، أوجد حجم الغاز عندما نجعل درجة حرارته  $320\text{K}$  مع ثبوت الضغط ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $T_1 = 280\text{K}$  ،  $V_1 = 25\text{cm}^3$  ،  $T_2 = 320\text{K}$

$$V_2 = \frac{25 \times 320}{280} = 28.57\text{cm}^3$$

النتيجة: حجم الغاز سيصبح 28.57 سنتيمتر مكعب.

التطبيق:

### 7.1.1.3 القانون العام للغازات

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{ثابت} \quad (7.5)$$

حيث  $T_1, T_2$  درجة الحرارة الأولى والثانية للغاز،  $V_1, V_2$  الحجم الأول والثاني للغاز،  $P_1, P_2$  الضغط الأول والثاني للغاز.



شكل 7.3: خطر الانفجار

## مثال 7.1.39 السؤال

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{101.3 \times 50}{290} = \frac{P_2 \times 70}{340}$$

$$P_2 = \frac{101.3 \times 50 \times 480}{290 \times 70} = 119.76 \text{ Pa}$$

النتيجة: الضغط الناتج سيكون 119.76 باسكال.

غاز هيليوم حجمه  $50 \text{ cm}^3$  ودرجة حرارته  $290 \text{ K}$  وضغطه  $101.3 \text{ kPa}$ ، أوجد ضغطه عندما نجعل درجة حرارته  $480 \text{ K}$  وحجمه  $70 \text{ cm}^3$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $P_1 =$  ،  $T_1 = 290^\circ \text{ K}$  ،  $V_1 = 50 \text{ cm}^3$   
 $V_2 = 70 \text{ cm}^3$  ،  $T_2 = 480^\circ \text{ K}$  ،  $101.3 \text{ kPa}$

التطبيق:

## 7.1.1.4 قانون الغاز المثالي

$$PV = KNT \quad (7.6)$$

حيث  $K$  ثابت بولتزمان ويساوي  $1.38 \times 10^{-23} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{k}$  ، و  $N$  عدد جزيئات الغاز.

$$PV = nRT \quad (7.7)$$

حيث  $n$  عدد المولات، و  $R$  ثابت بولتزمان  $8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{k}$  .

- من المولات إلى عدد جزيئات  $KN = nR$

- من المولات إلى كتلة  $m = Mn$

حيث  $m$  الكتلة،  $M$  الكتلة المولية.

## مثال 7.1.40 السؤال

$$= 4 \times 2.1 \times 10^{-6}$$

$$= 8.4 \times 10^{-6} \text{ g}$$

حساب عدد الجزيئات

$$KN = nR$$

$$N = \frac{nR}{K}$$

$$= \frac{2.1 \times 10^{-6} \times 8.31}{1.38 \times 10^{-23}}$$

$$= 1.26 \times 10^{18} \text{ جزيء}$$

النتيجة: عدد جزيئات غاز الهيليوم تساوي  $1.26 \times 10^{18}$  جزيء.

1- من المثال السابق أوجد عدد مولات غاز الهيليوم إذا علمت أن الكتلة المولية للهيليوم  $4 \text{ g/mol}$  ، ثم أوجد كتلة الغاز وعدد جزيئاته؟

الحل

تعيين المعطيات:  $M = 4 \text{ g/mol}$

التطبيق: حساب عدد المولات

$$PV = nRT$$

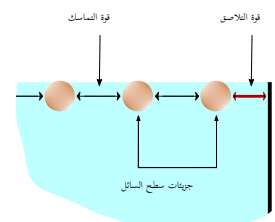
$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{101.3 \times 50 \times 10^{-6}}{8.31 \times 290}$$

$$n = 2.1 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

حساب كتلة الغاز

$$m = Mn$$



شكل 7.4: قوة التماسك والتلاصق

## 7.2 القوى داخل السوائل

يوجد قوتين تربط جزيئات السائل بما يحيط بها من جزيئات :

قوة التماسك هي قوة التجاذب بين جزيئات السائل.



## \* طريقة علمية

3

يقوم جنود البحرية بقذف جسم صلب إلى الماء قبل قفزهم من مكان مرتفع لإضعاف قوة التماسك بين جزيئات سطح الماء فتتفكك قوة اصطدامهم به.



شكل 7.5: قوة التماسك والتلاصق

**قوة التلاصق** هي قوة التجاذب بين جزيئات السائل والسطح الملاصق لها.

عندما تكون قوى التماسك أكبر من قوة التلاصق نلاحظ أن سطح السائل يميل للتحذب وضعف التصاقه بالسطح التي تلامسه مثل الزيت وتسبب هذه القوة لزوجة السوائل، وعندما تكون قوى التلاصق أكبر فإن سطح السائل يميل للتقعر والالتصاق بالسطح الملاصق له وتسبب هذه القوة ارتفاع السوائل في الانابيب الشعرية.

## 7.3 الموائع الساكنة والمتحركة

## 7.3.1 الموائع الساكنة

## 7.3.1.1 مبدأ باسكال

ينص على أن أي تغير في الضغط المؤثر على مائع محصور يتوزع بالتساوي على جميع نقاط السائل، وبالتالي لا يتأثر الضغط المائع بشكل الاناء الذي يوضع فيه.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (7.8)$$

حيث  $F_1, F_2$  القوة المؤثرة والقوة الناتجة، و  $A_1, A_2$  مساحتي المقطع العرضي للمكبس الأول والثاني.

## مثال 7.3.41 السؤال

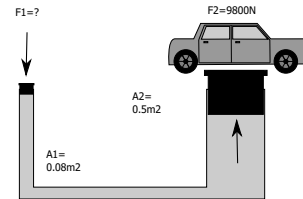
1- احسب القوة المؤثرة اللازم التأثير بها على مكبس رافعة هيدروليكية مساحته  $0.08m^2$  لرفع سيارة وزنها  $9800N$  موضوعة على المكبس الآخر للرافعة الهيدروليكية مساحته  $0.5m^2$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $F_1=9800N$  ،  $A_1=0.08m^2$  ،  $A_2=0.5m^2$

$$\begin{aligned} \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2} \\ F_1 &= \frac{F_2 \times A_1}{A_2} \\ &= \frac{9800 \times 0.08}{0.5} \\ &= 1568N \end{aligned}$$

النتيجة: القوة المؤثرة على مكبس الرافعة الهيدروليكية يساوي 1568 نيوتن.



## 7.3.1.2 قوة الطفو

ينص مبدأ أرخميدس على أن الجسم المغمور في مائع تؤثر عليه قوة طفو رأسية إلى أعلى تساوي وزن المائع المزاح.

$$F = \rho v g \quad (7.9)$$

حيث  $F$  قوة الطفو،  $\rho$  كثافة السائل،  $v$  حجم السائل المزاح،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية.

وعند وضع الجسم في المائع (السائل والغاز) فإن له ثلاث حالات:

- عندما يكون وزن الجسم < قوة الطفو ⇒ ينغمر الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم > قوة الطفو ⇒ يطفو الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم = قوة الطفو ⇒ يتعلق الجسم.

كيف نحسب قوة الطفو عمليا؟

بطريقتين:

- نقوم بوزن الجسم في الهواء، ثم نقوم بوزن الجسم داخل السائل (الوزن الظاهري)، وبطرح الوزنين نحصل على قوة

الطفو:  $F_{\text{الظاهري}} - F_{\text{الوزن}} = F_{\text{الطفو}}$ .

## \* طريقة علمية

3

يمكن تذكر قصة ارخميدس مع الامبراطور، أو قصة الزبير بن العوام في حرب الحبشة.

- نقوم بوضع الجسم في إناء الإزاحة الممتليء تماماً بالماء، ثم نقوم بوزن السائل المزاح، فيكون هذا الوزن مساوي لقوة الطفو.

## مثال 7.3.42 السؤال

$$=2.3 \times 10^3 \times 2 \times 9.8 = 45080 N$$

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} \times V \times g$$

$$=1 \times 10^3 \times 2 \times 9.8 = 19600 N$$

1- إذا القي مكعب حجمه  $2m^3$  من مادة كثافتها  $2.3 \times 10^3 kg/m^3$  في حوض ماء، فهل سيطفو أم سينغمر في الماء؟

الحل

تعيين المعطيات:  $\rho = 2.3 \times 10^3 Kg/m^3$  ،  $V = 2cm^3$

التطبيق:

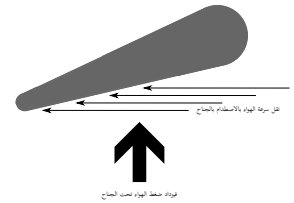
النتيجة: بما أن قوة الطفو  $19600 N$  أصغر من وزن المكعب  $45080 N \Rightarrow$  المكعب سينغمر.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{المكعب}} \times V \times g$$

## 7.3.2 الموائع المتحركة

## 7.3.2.1 مبدأ برنولي

ينص مبدأ برنولي على أن ضغط المائع يقل كلما زادت سرعته، أو أن ضغط المائع بين جسمين يقل بزيادة سرعته أو سرعتهما، فحين تمر سفينتين بجانب بعضهما ينخفض ضغط الماء بينهما ويصبح أقل من ضغطه في الجهة الأخرى، فتندفع السفينتين إلى الداخل وتصطدم ببعضهما، لذا يجب ترك مسافة مناسبة بينهما، وينطبق هذا الأمر على الطائرات حيث يجب ترك مسافة بينها وإلا تجاذبت بفعل انخفاض الضغط بينهما.



شكل 7.7: مبدأ برنولي

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (7.10)$$

حيث P ضغط السائل، و  $\rho$  كثافة السائل، و  $v$  سرعة السائل، و  $h$  الارتفاع عن سطح الأرض.

## مثال 7.3.43 السؤال

1- أثرت بقوة مقدارها  $2N$  على مكبس حقنة طبية، مساحة مقطعه  $2.5 \times 10^{-5} m^2$  وكان السائل يخرج من الطرف الآخر إلى الهواء الذي ضغطه  $1 atm$ ، والحقنة موضوعه بشكل أفقي، وكثافة الماء  $1 \times 10^3 kg/m^3$  واعتبر أن سرعة المكبس الأول تقارب الصفر، احسب سرعة خروج السائل؟ [12]

الحل

تعيين المعطيات:  $A_1 = 2.5 \times 10^{-5} m^2$  ،  $F = 2N$

التطبيق:

$$v_2 = \sqrt{0 + \frac{2 \times 8 \times 10^4}{1 \times 10^3}} = 12.6 m/s$$

$$\therefore h_1 = h_2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

النتيجة: سرعة خروج السائل من الحقنة الطبية  $12.6$  متر/ثانية.

ويستفاد من هذه الظاهرة التي يوضحها مبدأ برنولي، في صنع بعض بخاخات العطور وكذلك في عملية رش الأصباغ الملونة في تلوين المنازل، كما تستخدم في مضخة الفولترين الكهربائية الخاصة بمرضى الربو شفاهم الله، حيث يمر بخار الماء بسرعة فوق عبوة الفولترين حاملاً الفولترين إلى الرئتين.

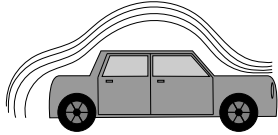
## 7.3.2.2 خطوط الانسياب ونقطة الانفصال

حين نمرر الهواء لإختبار انسيابية جسم ما مثل الطائرة أو السيارة فإن هذه الخطوط إما أن تكون متوازية وفي هذه الحالة نقول أن التدفق منتظم، أو تكون خطوط على شكل دوامات وفي هذه الحالة نقول أن التدفق مضطرب.

في حالة التدفق المنتظم فإن خطوط الانسياب تتقارب من بعضها كلما زادت سرعة المائع وقل ضغطه، والعكس صحيح حيث أن تباعد خطوط الانسياب عن بعضها دليل على انخفاض سرعة المائع وزيادة ضغطه.

أما نقطة الانفصال فهي النقطة التي ينعكس فيها اتجاه الضغط، فعند إختراق مقدمة السيارة للهواء فإنها تشتت أو تبعد جزيئات الهواء بعيدا عن جسم السيارة باتجاه الأعلى، لكن هذا الهواء لا يلبث أن يعود ضاغطا على سطح السيارة، وتسمى النقطة التي يعود عندها ضغط الهواء على سطح السيارة بنقطة الانفصال، وتحدد بأنها النقطة التي يبدأ عندها إنحدار الجسم إلى الأسفل، مثلا هي في السيارة عند نهاية سقف السيارة وبداية انحدار زجاجها الخلفي، وللتخلص من هذا الضغط يعتمد صانعو السيارات الحديثة إلى تقصير طول الجزء الواقع بعد نقطة الانفصال.

كما يقوم صانعو كرة القدم بصنعها من قطع مضلعة تشتت الهواء مما يمنع أو يقلل من زيادة الضغط على الجزء الواقع بعد نقطة الانفصال، وفي الطائرات المدنية يعتمد صانعوها إلى جعل مقدمتها محدبة وليست مدببة، لتشتت الهواء لمسافة تدفع نقطة الانفصال من منتصف الطائرة إلى ذيلها، وهو ما يحميها من التآكل والتدمير عند السرعات العالية ويوفر من الوقود.



شكل 7.8: خطوط الانسياب

## 7.4 المواد الصلبة

## 7.4.1 التمدد الحراري للمواد الصلبة

التمدد هو عملية زيادة في حجم المادة نتيجة التغير في درجة حرارتها<sup>1</sup>، ويمكن أن تتمدد المواد الجامدة سواء أكانت هذه المواد لها بعد واحد مثل الأسلاك، أو لها بعدين مثل الصفائح المعدنية، أو لها ثلاثة أبعاد مثل مكعبات الحديد.



سلك معدني



سلك معدني



سلك معدني

شكل 7.9: تمدد المواد الصلبة

7.4.2 معامل التمدد الطولي ( $\alpha$ )

معامل التمدد الطولي يساوي التغير في الطول مقسوما على الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \quad (7.11)$$

<sup>1</sup> بعض المواد تتمدد بالتبريد مثل الجليد والبيزموث والانتيمون

## مثال 7.4.44 السؤال

قطعة من الألمنيوم طولها 3.66 متر عند درجة حرارة  $-28^{\circ}\text{C}$  كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها  $39^{\circ}\text{C}$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $T_1 = -28^{\circ}\text{C}$  ،  $L_1 = 3.66\text{m}$  ،  $T_2 = 39^{\circ}\text{C}$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

$$25 \times 10^{-6} = \frac{\Delta L}{3.66 \times (39 - (-28))}$$

$$\Delta L = 25 \times 10^{-6} \times 3.66 \times 67$$

$$= 0.006\text{m}$$

النتيجة: الزيادة في طول القطعة 0.006 متر.

التطبيق:

\* ومضة

- لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرمز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

7.4.3 معامل التمدد الحجمي ( $\beta$ )

معامل التمدد الحجمي يساوي التغير في الحجم مقسوما على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T} \quad (7.12)$$

وحدة التمدد الطولي والحجمي  $\frac{1}{C^{-1}}$  أو  $C^{-1}$ .

أمثلة على التمدد الطولي والحجمي

- توضع مادة السيلكون الطري بين رخام المطاف في الحرم لكي لا يتفتت عند تمدده.
- تمدد الجسور ولهذا تترك فواصل على شكل فجوات صغيرة.
- ترك فراغات بين قضبان السكك الحديدية لكي لا تنقوس بالحرارة.
- زجاج الأفران والمختبرات الذي يتمدد بأقل ما يمكن.
- الثيرموستات الذي ينظم عمل البرادات والسخانات.



شكل 7.10: ثيرموستات [1]

## مثال 7.4.45 السؤال

سائل حجمه 400ml ودرجة حرارتها  $4.4^{\circ}\text{C}$ ، كم يزداد حجمه عندما تصبح درجة حرارته  $30^{\circ}\text{C}$ ، حيث معامل تمدده الحجمي  $\beta = 210 \times 10^{-6} C^{-1}$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $T_1 = 4.4^{\circ}\text{C}$  ،  $V_1 = 400\text{ml}$  ،  $T_2 = 30^{\circ}\text{C}$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$$

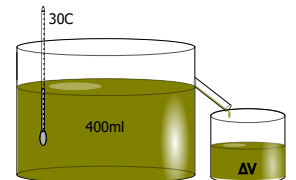
$$210 \times 10^{-6} = \frac{\Delta V}{400 \times (30 - 4.4)}$$

$$\Delta V = 210 \times 10^{-6} \times 400 \times 25.6$$

$$= 2.15\text{ml}$$

النتيجة: التغير في الحجم يساوي 2.15 ملي لتر.

التطبيق:



شكل 7.11: التمدد الحجمي

الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
الضغط	P	نيوتن/متر مربع	$N/m^2$
-	-	باسكال	Pa
معامل التمدد الطولي	$\alpha$	بدون	none
معامل التمدد الحجمي	$\beta$	بدون	none
قوة الطفو	F	نيوتن	N

جدول 7.1: وحدات حالات المادة

## 7.5 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- غاز حجمه  $40\text{cm}^3$  ودرجة حرارته  $280\text{K}$ ، أوجد حجم الغاز عندما نجعل درجة حرارته  $350\text{K}$  مع ثبوت الضغط ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $T_1=280^\circ\text{K}$  ،  $V=40\text{cm}^3$  ،  $T_2=350^\circ\text{K}$   
التطبيق:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{40}{280} = \frac{V_2}{350}$$

$$V_2 = \frac{40 \times 350}{280} = 50\text{cm}^3$$

2- عند إنشاء الأبنية المسلحة يراعى أن يكون تمدد قضبان الحديد مساوي لتمدد خليط الخرسانة، وذلك لمنع تفتت أعمدة المبنى بفعل تغير درجة الحرارة في الليل والنهار، والصيف والشتاء، احسب تمدد قضيب حديد طوله 4 أمتار عند تغير درجة حرارته من  $20^\circ\text{C}$  إلى  $40^\circ\text{C}$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $L_1=4\text{m}$  ،  $T_1=20^\circ\text{C}$  ،  $T_2=40^\circ\text{C}$

التطبيق:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

$$1.1 \times 10^{-5} = \frac{\Delta L}{4 \times (40 - 20)}$$

$$\Delta L = 1.1 \times 10^{-5} \times 4 \times 20$$

3- إناء زجاجي حجمه 3 لتر، ممتلئ تماماً بالجلسرين، احسب كمية الجلسرين المنسكب من الاناء نتيجة زيادة درجة حرارته  $50$  درجة مئوية ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $V_1=3\text{L}$  ،  $\Delta T=20^\circ\text{C}$  ،  $\beta_{\text{جلسرين}}$   
التطبيق:  $\beta_{\text{زجاج}}=83 \times 10^{-7} \text{C}^{-1}$  ،  $53 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$$

$$\Delta V_{\text{جلسرين}} - \Delta V_{\text{زجاج}} = (\beta_{\text{ع}} - \beta_{\text{ج}}) V \Delta T$$

$$= (53 \times 10^{-5} - 83 \times 10^{-7}) \times 3 \times 50$$

$$= 0.078\text{L}$$

4- وحدة ضغط الغاز هي:

3. N

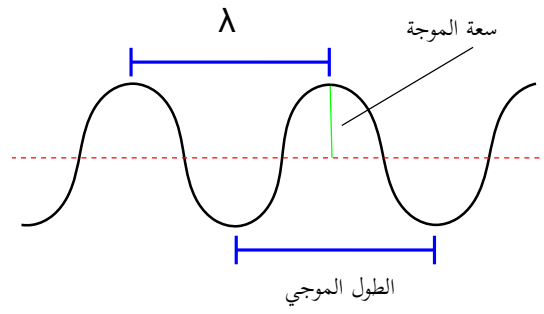
1. m/K

4. Pa ✓

2.  $\text{C}^{-1}$



## 8 الاهتزازات والموجات



- الحركة الموجية
- قانون هوك
- الموجات

مقدمة

## 8.1 الحركة الاهتزازية

الحركة الاهتزازية هي حركة تتكرر في دورة منتظمة.  
الحركة التوافقية البسيطة هي حركة تتناسب فيها إزاحة الجسم طردياً مع القوة التي تعيد الجسم لموضع إترانه.

## 8.1.1 النابض

## 8.1.1.1 قانون هوك

أن مقدار التغير في طول النابض- الزنبرك- يتناسب تناسباً طردياً مع مقدار القوة المؤثرة على النابض.

$$F = -kx \quad (8.1)$$

حيث  $F$  القوة التي يؤثر بها النابض،  $k$  ثابت النابض،  $x$  الإزاحة أو الانضغاط في النابض.

## مثال 8.1.46 السؤال

$$k = \frac{F}{x}$$

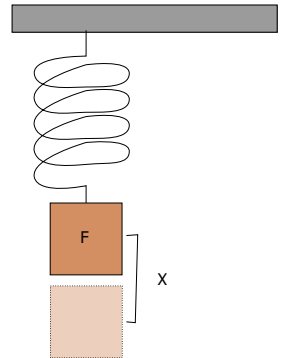
علقنا ثقل مقداره  $2450N$  في طرف نابض فأستطال  $0.5m$ ، احسب ثابت النابض؟

الحل

تعيين المعطيات:  $x=0.5m$ ،  $F=2450N$

التطبيق:

النتيجة: ثابت النابض تساوي  $4900$  نيوتن/متر.



شكل 8.1: قانون هوك

## 8.1.1.2 طاقة الوضع المرنة للنابض

$$PE_{\text{النابض}} = \frac{1}{2}kx^2 \quad (8.2)$$

حيث  $PE$  طاقة الوضع المرنة للنابض،  $k$  ثابت النابض،  $x$  الإزاحة أو الانضغاط في النابض.  
والطاقة الميكانيكية الكلية = الطاقة الحركية + طاقة الوضع المرنة

$$E = \frac{1}{2}ka^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \quad (8.3)$$

وعند أدنى وأعلى نقطة الطاقة الحركية  $KE = \frac{1}{2}mv^2 = 0$   
حيث  $KE$  الطاقة الحركية،  $a$  السعة القصوى لحركة النابض.

## مثال 8.1.47 السؤال

$$PE = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 0.12^2 = 0.072J$$

حساب طاقة الحركة عند  $12cm$ :

$$KE_{\text{الحركة}} = PE_{32cm} - PE_{12cm}$$

$$= 0.51 - 0.072 = 44J$$

النتيجة: الطاقة الحركية للجسم عند  $12cm$  تساوي  $44$  جول.

تم تعليق ثقل في نابض معاملته  $10N/m$  فكانت أقصى استطاله له  $32cm$ ، أوجد طاقة الوضع فيه عند  $32cm$  ثم احسب طاقة الوضع وطاقة الحركة عند  $12cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $x=32cm$ ،  $K=10N/m$

التطبيق: - حساب طاقة الوضع عند  $32cm$ :

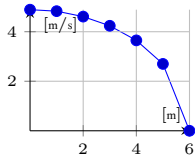
$$PE = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 0.32^2 = 0.51J$$

- حساب طاقة الوضع عند  $12cm$ :



## 8.1.1.3 سرعة النابض عند نقطة معينة



شكل 8.2: السرعة - السرعة

$$v = \pm \sqrt{\frac{k}{m}} \sqrt{a^2 - x^2} \quad (8.4)$$

حيث  $v$  سرعة النابض،  $k$  ثابت النابض،  $m$  كتلة النابض،  $a$  السعة القصوى لحركة النابض،  $x$  الإزاحة أو الاستطالة عند النقطة الحالية. ولحساب السرعة القصوى للنابض

$$1v_{\text{القصوى}} = \pm \sqrt{\frac{k}{m}} \times a$$

## مثال 8.1.48 السؤال

من المثال السابق احسب سرعة النابض عند  $32\text{cm}$  و  $12\text{cm}$  علماً أن كتلة الثقل المعلق في النابض  $5\text{kg}$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $m=5\text{Kg}$

التطبيق: - حساب السرعة عند  $0.32\text{m}$ :

$$v_{\text{القصوى}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \times a$$

$$= \sqrt{\frac{10}{5}} \times 0.32 = 0.45\text{m/s}$$

- حساب السرعة عند  $0.12\text{m}$ :

$$v = \sqrt{\frac{k}{m}} \sqrt{a^2 - x^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{5}} \times \sqrt{0.32^2 - 0.12^2}$$

$$= 0.42\text{m/s}$$

النتيجة: سرعة النابض عندهما  $0.45\text{m/s}$  و  $0.42\text{m/s}$  على التوالي.

## 8.1.2 البندول

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (8.5)$$

حيث  $T$  الزمن الدوري،  $l$  طول البندول،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية.

## مثال 8.1.49 السؤال

احسب الزمن الدوري لبندول طوله  $0.61\text{m}$  ؟

الحل

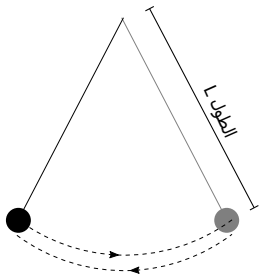
تعيين المعطيات:  $L=0.61\text{m}$

التطبيق:

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

$$= 2\pi \sqrt{\frac{0.61}{9.8}} = 1.57\text{s}$$

النتيجة: الزمن الدوري للبندول يساوي  $1.57$  ثانية.



شكل 8.3: البندول

## 8.2 أنواع الموجات

## 8.2.1 الموجات الميكانيكية

الموجات الميكانيكية هي موجات تحتاج لوسط مادي لانتقالها.

الموجات الطولية هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجات.

الموجات المستعرضة هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في اتجاه عمودي لاتجاه انتشار الموجات.

الموجات السطحية هي موجات سطح الماء التي تهتز فيها جزيئات الوسط في الاتجاه الرأسى والافقي معا، فموجة البحر

تتحرك للأعلى والأسفل وفي نفس الوقت تتحرك باتجاه الشاطئ وتترد عنه.



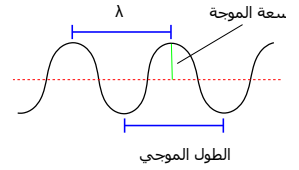
شكل 8.4: الموجات السطحية [6]

## 8.2.2 الموجات الكهرومغناطيسية

الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات لا تحتاج لوسط مادي لانتقالها.

## 8.3 خصائص الموجات

الطول الموجي هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين أو أي نقطتين متتاليتين تتحركان بكيفية واحدة. التردد هو عدد الاهتزازات التي يتمها الجسم في الثانية الواحدة. الطول هو الفرق الزاوي بين أي موجتين تتحركان على محور واحد. الزمن الدوري هو الزمن اللازم لإتمام إهتزازة كاملة. سعة الإهتزازة هي أقصى إزاحة تتحركها الموجة عن موضع سكونها. سرعة الموجة هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال وحدة الزمن.



شكل 8.5: الطول الموجي

$$Tf = 1 \quad (8.6)$$

حيث  $T$  الزمن الدوري،  $f$  التردد.

$$v = \lambda f \quad (8.7)$$

حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $f$  التردد،  $v$  سرعة الموجة.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (8.8)$$

حيث  $v$  سرعة الموجة في وتر،  $T$  الزمن الدوري،  $\mu$  كتلة وحدة الاطوال من الوتر (الكثافة الطولية).

## مثال 8.3.50 السؤال

$$= \sqrt{\frac{3}{0.015}}$$

احسب سرعة الموجة في وتر كتلة وحدة الاطوال له

$\mu = 0.015 \text{ kg/m}$  والزمن الدوري للموجة  $t = 3 \text{ s}$  ؟

**الحل**

$$= \sqrt{200} = 14.14 \text{ m/s}$$

تعيين المعطيات:  $\mu = 0.015 \text{ Kg/m}$ ،  $t = 3 \text{ s}$

التطبيق:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

النتيجة: سرعة الموجة تساوي 14.14 متر/ ثانية .

## 8.4 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- أثرت قوة مقدارها  $12N$  على سلك زنبركي فأحدث به استطالة مقداره  $15cm$ ، فما هي القوة اللازمة لإحداث استطالة مقدارها  $75cm$  على السلك ؟ [7]

الحل

تعيين المعطيات:  $F_1=12N$  ،  $x_1=15cm$  ،  $x_2=$  ،  $75cm$   
التطبيق:

$$F = \frac{12 \times 75}{15}$$

$$= 60N$$

2- وحدة التردد هي:

$$1. \quad \checkmark \quad Hz$$

$$3. \quad s$$

$$4. \quad m$$

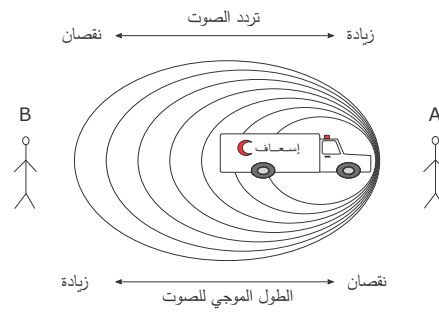
$$2. \quad m/s$$

$$\frac{F_1}{x_1} = \frac{F_2}{x_2}$$

$$\frac{12}{15} = \frac{F}{75}$$



## 9 الصوت



- خصائص الصوت
- تأثير دوبلر
- الرنين في الاوتار والانابيب

مقدمة

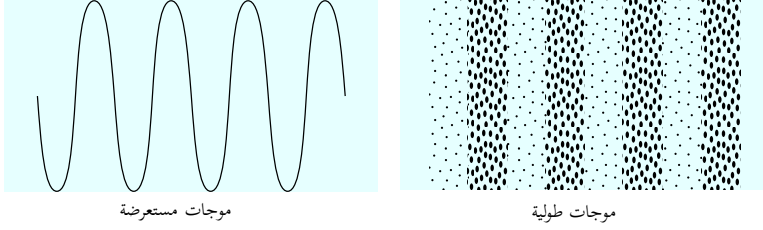
## 9.1 خصائص الصوت

## 9.1.1 الموجات الصوتية

الموجة الصوتية هي انتقال تغيرات الضغط خلال مادة.

الموجة الطولية هي إهتزاز جزيئات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجات.

الموجة المستعرضة هي إهتزاز جزيئات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجات.



شكل 9.1: أنواع الموجات

## سرعة الصوت

$$V_{\text{سرعة الصوت}} = 331 + 0.6 \times T \quad (9.1)$$

## مثال 9.1.51 السؤال

1- احسب سرعة الصوت وطوله الموجي في الهواء عند درجة حرارة  $20^\circ C$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $T=20^\circ C$

التطبيق:

$$V=331+0.6T$$

$$=331+12=343m/s$$

الطول الموجي:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

$$= \frac{343}{18} = 0.15m$$

2- إذا وقفت عند طرف المكان السابق وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور  $0.8s$  ، فما بعد السطح العاكس للصوت؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $t=0.8s$

التطبيق:

$$d=V \times t$$

$$=343 \times 0.4 = 137.2m$$

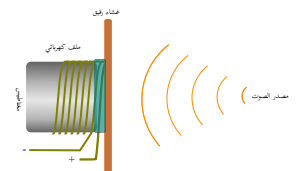
النتيجة: المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس للصوت تساوي  $137.2$  متر.

\* ومضة

- لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرمز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

## 9.1.2 الكشف عن موجات ضغط الصوت

- في الطبيعة : الأذن البشرية
- في الأجهزة : الميكروفون



شكل 9.2: الميكروفون

## 9.1.2.1 حدة الصوت

حدة الصوت هي خاصية إدراكية تسمح بترتيب الأصوات حسب تردداتها.

- ميرسن وجاليلو أول من توصلوا إلى أن حدة الصوت تعتمد على تردد الاهتزاز.
- الإنسان العادي يسمع الترددات من 20 - 20000 هيرتز.
- عند سن 70 سنة لا يتمكن معظم الناس من سماع الترددات الأعلى من 8000 هيرتز.

## 9.1.2.2 علو الصوت

• يعتمد علو الصوت على سعة موجة الضغط في المقام الأول.

• مدى ضغط الصوت المسموع بالأذن البشرية :

$$2 \times 10^{-5} Pa - 20 Pa$$

## 9.1.2.3 مستوى الصوت

هو مقياس لوغاريتمي لتغيرات ضغط الصوت.

• وحدة مستوى الصوت تسمى ديسبل db منحوتة من كلمة «ديسي» وتعني عُشر ( $\frac{1}{10}$ ) ، وكلمة «بل» وهي وحدة مستوى الصوت الأساسية ومأخوذة من اسم مخترع الهاتف جراهام بل.

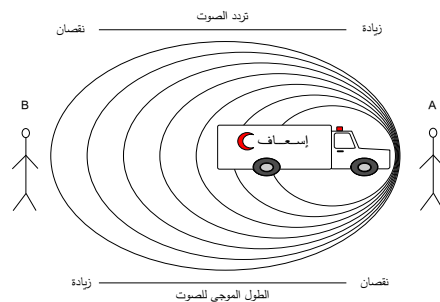
• أصغر صوت يمكن سماعه بصعوبة 10 ديسبل.

• أعلى صوت يمكن سماعه بدون ضرر للأذن 99 ديسبل.

• التعرض المستمر لمستوى صوت 100 ديسبل أو أكبر يؤدي إلى ضرر دائم لحاسة السمع.

## 9.1.3 تأثير دوبلر

هو تغير في تردد الصوت عند إقتراب مصدر الصوت أو ابتعاده عن المراقب (السامع).



شكل 9.4: تأثير دوبلر

قانون تأثير دوبلر

$$f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) \quad (9.2)$$

حيث  $f_d$  التردد الواصل للمراقب، و  $f_s$  تردد المصدر، و  $v$  سرعة الصوت في الهواء، و  $v_d$  سرعة المراقب، و  $v_s$  سرعة المصدر.

## مثال 9.1.52 السؤال

$$f_d = f_s \left( \frac{V - V_d}{V - V_s} \right)$$

$$= 365 \times \left( \frac{343 - (-25)}{343 - 0} \right)$$

$$= 391.6 \text{ Hz}$$

النتيجة: تردد الصوت الذي سيسمعه المستقبل الصوت يساوي 391.6 هيرتز.

افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة  $25 \text{ m/s}$  في اتجاه صفارة إنذار ساكنه، إذا كان تردد صوت الصفارة  $365 \text{ Hz}$ ، فما التردد الذي ستسمعه، علماً أن سرعة الصوت في الهواء  $343 \text{ m/s}$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $f_s = 365 \text{ Hz}$ ،  $V_s = 0$ ،  $V_d = 25 \text{ m/s}$ ،  $V = 343 \text{ m/s}$ ،

التطبيق:

\* ومضة

لحل مسائل تأثير دوبلر نتبع الخطوات التالية:  
نكتب البيانات بحيث يكون المصدر على اليسار والمراقب على اليمين.  
نحدد إشارة سرعة المصدر وسرعة المراقب بناءً على اتجاه الحركة على المحور  $x$ ، حيث الاتجاه لليمين موجب والاتجاه لليسار سالب.  
نعوض في قانون تأثير دوبلر.

## 9.1.3.1 أمثلة على تأثير دوبلر

- رادار الطقس
- جهاز تصوير قلب الجنين بالموجات فوق الصوتية.
- دراسة المجرات ويُعد النجوم.
- الخفاش والدلفين.

## 9.2 الرنين في الانابيب الهوائية والاوّار

## 9.2.1 الرنين في الانابيب الهوائية

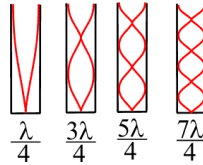
## 9.2.1.1 الرنين في الانابيب الهوائية المغلقة



شكل 9.5: الشوكة الرنانة [1]

الرنين	التردد
1	$f_1 = \frac{v}{4L}$
2	$f_2 = 3f_1$
3	$f_3 = 5f_1$

جدول 9.1: تردد الرنين في الانابيب المغلقة



شكل 9.6: الأعمدة الهوائية المغلقة

نحسب طول الأنبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{4} \quad (9.3)$$

حيث  $n$  عدد فردي : 1 ، 3 ، 5 ، 7 ، ....

## مثال 9.2.53 السؤال

طول انبوب الهواء المغلق للرنين (5) يساوي : فتكون المعادلة:

الحل

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

التطبيق:

$$L = \frac{9\lambda}{4}$$

النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي  $\frac{9\lambda}{4}$  متر.

$$n = (2 \times 5) - 1$$

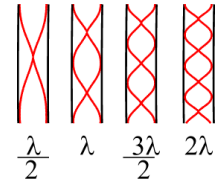
$$= 10 - 1 = 9$$



## 9.2.1.2 الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة

الرنين	التردد
1	$f_1 = \frac{v}{2L}$
2	$f_2 = 2f_1$
3	$f_3 = 3f_1$

جدول 9.2: تردد الرنين في الانابيب المفتوحة



شكل 9.7: الأعمدة الهوائية المفتوحة

نحسب طول الأنبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$

9.4)(

حيث n عدد يساوي : 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، ....

## مثال 9.2.54 السؤال

طول انبوب الهواء المفتوح للرنين (5) يساوي : فتكون المعادلة:

الحل

$$L = \frac{5\lambda}{2}$$

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي  $\frac{5\lambda}{2}$  متر.

التطبيق:

$$n=5$$

## 9.2.1.3 الرنين في الاوتار

قوانين ترددات واطوال الاوتار للرنين في الاوتار تشبه قوانين الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة. تعتمد سرعة الموجة في الوتر على:

1. قوة الشد فيه.

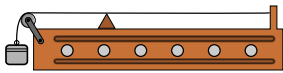
2. كتلة وحدة الاطوال.

يستخدم جهاز الصنومتر لدراسة الأوتار في المختبر.

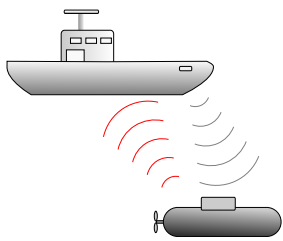
## 9.3 الموجات فوق الصوتية

الموجات فوق الصوتية هي موجات طولية ترددها أعلى من 20000 هيرتز

وتوجد هذه الترددات في الطبيعة لدى بعض الكائنات الحية مثل الدلافين والحيتان، كما يستخدمها الانسان في اداء بعض الوظائف مثل كاشفات الاعماق (سونار) في السفن والغواصات، كما تستخدم في تبخير الماء بدون تسخين في أجهزة الربو وفي بعض أجهزة تخفيف الشعر (الاستشوار)، و في أجهزة تفتيت حصوات الكلى، وأجهزة تفتيت الخلايا السرطانية (تجريبية).



شكل 9.8: الصنومتر



شكل 9.9: سونار

## 9.4 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$f_d = f_s \left( \frac{V - V_d}{V - V_s} \right)$$

$$= 400 \times \left( \frac{343 - 30}{343 - (-20)} \right)$$

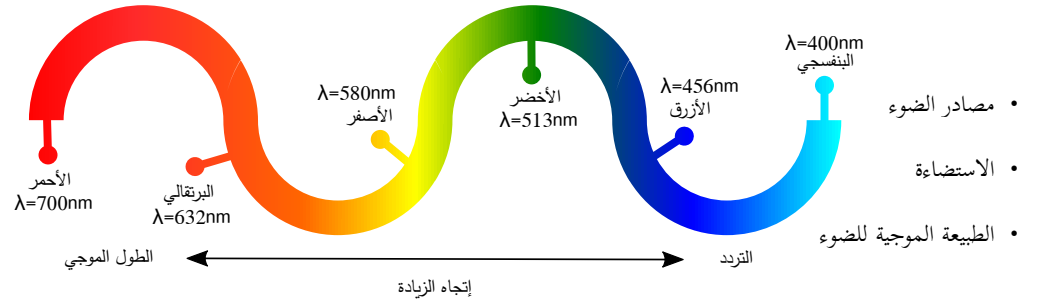
$$= 344.9 \text{ Hz}$$

1- افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة  $30 \text{ m/s}$  للشرق، وتتحرك سيارة إسعاف مبتعدة للغرب بسرعة  $20 \text{ m/s}$ ، فإذا انطلق منبهاها بتردد  $400 \text{ Hz}$ ، فما التردد الذي ستسمعه علما بأن سرعة الصوت في الهواء  $343 \text{ m/s}$  ؟

## الحل

2- وحدة مستوى الصوت هي: تعيين المعطيات:  $V_s = -20 \text{ m/s}$ ،  $V_d = 30 \text{ m/s}$ ،  $V = 343 \text{ m/s}$ ،  $f_s = 400$   
 التطبيق: 1. ديسبل ✓ 2. نيوتن 3. هيرتز 4. متر

## 10 أساسيات الضوء



مقدمة

## 10.0.1 مصادر الضوء

مصادر الضوء تنقسم إلى قسمين:

1. مصدر مضيء وهو مصدر ينتج الضوء من ذاته، وينقسم إلى قسمين قسم ينتج الضوء نتيجة ارتفاع درجة حرارته مثل الشمس، وقسم آخر لا يحتاج لرفع درجة حرارته مثل مصابيح الفلوروسنت.
2. مصدر مُضاء هو مصدر يعكس الضوء من مصدر آخر مثل القمر.



شكل 10.1: أنواع الأسطح

أنواع الأسطح حسب مرور الضوء بها:

- أسطح شفافة تسمح بمرور الضوء ويمكن رؤية الأجسام من خلالها مثل زجاج النظارة.
- أسطح شبه شفافة تسمح بمرور بعض الضوء ويصعب رؤية الأجسام من خلالها مثل الورق الشفاف والزجاج الملحي.
- أسطح معتمة لا تسمح بمرور الضوء ولا ترى الأجسام من خلالها، مثل الحديد.

## 10.0.2 الاستضاءة

التدفق الضوئي

هو كمية الضوء الخارجة من المصدر الضوئي.

ووحده اللومن  $lm$  هو مقدار الضوء الصادر عن شمعة معيارية ويسقط على سطح مساحته  $1foot^2$  من مسافة  $1foot$ . شدة الإضاءة

هي كمية الضوء الساقطة على سطح مساحته  $1m^2$  من كرة نصف قطرها  $1m$ .

ووحدها الشمعة  $cd$ ، الشمعة  $cd$ : هي  $\frac{1}{60}$  من الضوء الذي يولده  $(1cm^2)$  من سطح معدن البلاتين المستوي في درجة حرارة تصلبه  $(6402^\circ K)$  في الاتجاه العمودي على السطح.

$$\frac{P}{4\pi} = \text{الإضاءة شدة} \quad (10.1)$$

حيث  $P$  التدفق الضوئي.

الاستضاءة

هي كمية الضوء الساقطة على نقطة تبعد عن المصدر مسافة معينة. ووحدها اللوكس أو  $lm/m^2$ .

$$E = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (10.2)$$

$E r^2 = \text{الإضاءة شدة}$

حيث  $E$  الاستضاءة،  $P$  التدفق الضوئي،  $r$  بعد الجسم عن مركز المصدر.

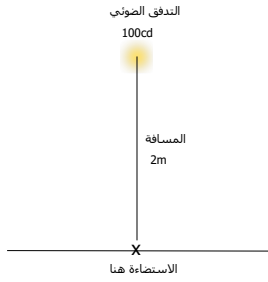
\* هدف وجداتي

إن استخدام مصابيح Led يوفر في الطاقة ويحافظ على البيئة.

الاستضاءة	الاستخدام
80 – 170	المستودعات
200 – 300	الورش
500 – 700	المكينات والمختبرات
1000 – 2000	صيانة الأجهزة الدقيقة والرسم الهندسي

جدول 10.1: الاستضاءة

## مثال 10.0.55 السؤال



شكل 10.2: الاستضاءة

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{100}{4\pi \times 2^2} = 1.98 \text{ lux}$$

النتيجة: استضاءة النقطة التي تبعد 2 متر عن المصدر تساوي 1.98 لوكس.

إحسب استضاءة نقطة وضعت على بعد 2m من مصدر ضوئي التدفق الضوئي له 100cd ؟

الحل

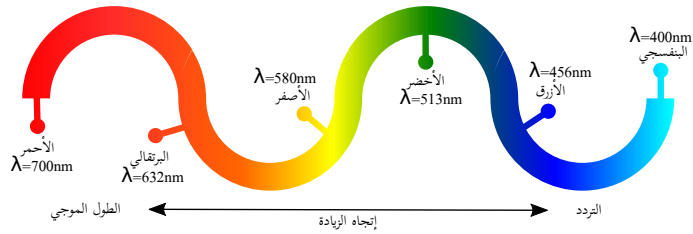
تعيين المعطيات:  $P=100\text{cd}$  ،  $r=2\text{m}$

التطبيق:

## 10.0.3 الطبيعة الموجية للضوء

سرعة الضوء تبلغ سرعة الضوء  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

الالوان



شكل 10.3: اللون الطيف للون الأبيض

يتكون الضوء المرئي من موجات كهرومغناطيسية، وهو مجموعة من الألوان المختلفة في التردد والطول الموجي، وهذه الألوان محصورة بين اللون الأحمر واللون البنفسجي، وكلما غزينا في تردد الموجة الكهرومغناطيسية ينتج لدينا لون جديد، الأحمر هو الأكبر في الطول الموجي لكنه الأصغر تردداً، والبنفسجي عكسه تماماً، فهو الأعلى في التردد والأقل طولاً موجياً.

**استقطاب الضوء** الاستقطاب هو سماح بعض المواد بنفاذ مركبة المجال الكهربائي ومنع مركبة المجال المغناطيسي للضوء.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta \quad (10.3)$$

حيث  $I_2$  شدة الضوء الخارج من المرشح الثاني،  $I_1$  شدة الضوء الخارج من المرشح الأول،  $\theta$  المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين.

**تأثير دوبلر** تأثير دوبلر هو تغير ظاهري للتردد و الطول الموجي للأمواج عندما ترصد من قبل مراقب متحرك بالنسبة للمصدر الموجي.

حيث يقل تردد الضوء عندما يكون المصدر الضوئي مبتعداً، ويزداد حين يكون المصدر الضوئي مقرباً، فانخفاض تردد الضوء الصادر من نجم ما، هو دليل في الغالب على أنه يسير مبتعداً عنا، ويقترّب منا إن كان تردد ضوئه يزداد بمرور الوقت.

$$f_d = f_s \left( \frac{c - v_d}{c - v_s} \right) \Rightarrow f_d = f_s \left( 1 \pm \frac{v}{c} \right) \quad (10.4)$$

حيث  $f_d$  تردد الضوء الواصل للمراقب،  $f_s$  تردد الضوء الخارج من المصدر،  $v$  السرعة النسبية بين المصدر والمراقب،  $c$  سرعة الضوء،  $\pm$  موجب للاقترب وسالب للابتعاد.

## مثال 10.0.56 السؤال

نجم يصدر ضوء أحمر تردده  $f_s = 400 \times 10^{12} \text{ Hz}$  و يقترب من الأرض بسرعة تعادل 0.7 من سرعة الضوء  $v_s = 0.7c$  ، احسب تردد الضوء الذي يستقبله الراصد على الأرض ؟

## الحل

تعيين المعطيات:  $f_s = 400 \times 10^{12} \text{ Hz}$  ،  $V_s = 0.7c$



التطبيق:

$$f_d = f_s \left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

$$= 400 \times 10^{12} \left(1 + \frac{0.7}{1}\right)$$

$$= 680 \times 10^{12} \text{ Hz}$$

النتيجة: تردد الضوء الذي يستقبله الراصد يساوي  $680 \times 10^{12}$  هيرتز.

## 10.1 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- احسب استضاءة نقطة وضعت على بعد  $9m$  من مصدر ضوئي التدفق الضوئي له  $350cd$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $r=9m$  ،  $P=350cd$  ،  
التطبيق:

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{350}{4\pi \times 9^2} = 0.344lux$$

- 3- أي الألوان التالية أكبر في الطول الموجي:

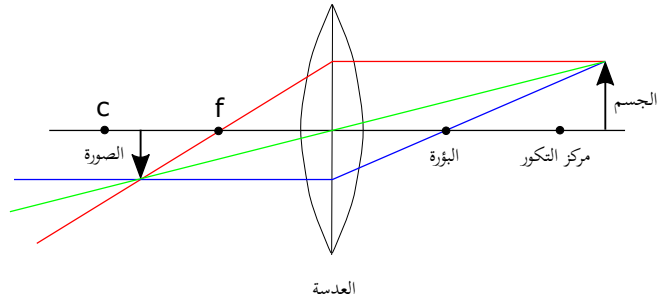
1. البنفسجي  
2. الأحمر ✓  
3. الأخضر  
4. الأصفر

- 2- وحدة الاستضاءة هي:





## 11 المرايا والعدسات



- قوانين الانعكاس والانكسار
- العدسات الكروية
- المرايا الكروية

مقدمة

الضوء : هو عبارة عن حزم من الجسيمات الكمية تسمى فوتونات.

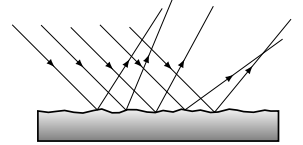
## 11.1 خصائص الضوء

### 11.1.1 سرعة الضوء

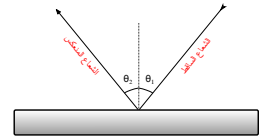
تبلغ سرعة الضوء  $3 \times 10^8 m/s$  .

### 11.1.2 قانون الانعكاس

تنقسم الأسطح التي يسقط عليها الضوء إلى أسطح مصقولة تعكس أشعة الضوء الساقطة عليها بشكل متوازي وأسطح غير مصقولة تشتت أشعة الضوء عند سقوطها عليها، عند سقوط أشعة الضوء على سطح مصقول وشفاف، نجد أن جزء منها ينعكس وجزء ينفذ منكسراً وجزء يمتص. إنعكاس الضوء: إرتداد الضوء عن سطح مصقول.



شكل 11.1: السطح غير المصقول



شكل 11.2: قانون الانعكاس الأول

زاوية السقوط تساوي زاوية الإنعكاس

$$\theta_1 = \theta_2 \quad (11.1)$$

$\theta_1$  زاوية السقوط و  $\theta_2$  زاوية الإنعكاس.

وإذا سقط الشعاع الضوئي على السطح الفاصل بين وسطين شفافين فإنه:

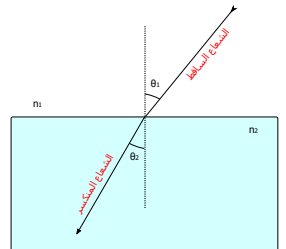
- ينعكس إذا كانت زاوية سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل ( $n_1 > n_2$ ).
- ينكسر إذا كانت زاوية سقوطه أصغر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل ( $n_1 > n_2$ ).
- ينكسر عندما ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أقل إلى وسط ذي معامل إنكسار أكبر ( $n_1 < n_2$ ) ولا توجد له زاوية حرجة.

### 11.1.3 قانون الانكسار

إنكسار الضوء<sup>1</sup>: عند إنتقال الشعاع الضوئي من وسط لآخر فإنه ينفذ للوسط الآخر مقترباً أو مبتعداً عن العمود المقام على الفاصل بين الوسطين.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (11.2)$$

حيث  $n$  معامل الإنكسار و  $\theta_1$  زاوية السقوط و  $\theta_2$  زاوية الإنكسار.



شكل 11.3: انكسار الضوء

- ينكسر مقترباً إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أقل إلى وسط ذي معامل إنكسار أكبر ( $n_1 < n_2$ ).
- ينكسر مبتعداً إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل ( $n_1 > n_2$ ).

<sup>1</sup> يسمى قانون سنل أو قانون ديسكرايتس

## مثال 11.1.57 السؤال

$$1 \times \sin \theta = 1.333 \times \sin 45$$

$$\sin \theta = 0.943$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.943) = 70.5^\circ$$

سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء فانكسر في الماء بزاوية 45 درجة، أوجد زاوية السقوط؟

الحل

تعيين المعطيات:  $n_2 = 1.333$  ،  $n_1 = 1$

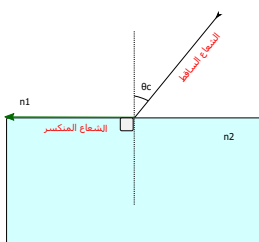
التطبيق:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

النتيجة: زاوية سقوط الشعاع الضوئي تساوي 70.5 درجة.

## 11.1.4 الزاوية الحرجة

هي زاوية السقوط التي يقابلها زاوية انكسار 90 درجة، وتوجد فقط إذا انتقل الشعاع الضوئي من وسط أعلى في معامل إنكساره إلى وسط أقل في معامل إنكساره.



شكل 11.4: الزاوية الحرجة

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (11.3)$$

حيث  $\theta_c$  الزاوية الحرجة و  $n_1$  معامل إنكسار الوسط الأول و  $n_2$  معامل إنكسار الوسط الثاني.

- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي أقل من الزاوية الحرجة فإن الشعاع ينكسر.
- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي أكبر من الزاوية الحرجة فإن الشعاع ينعكس.
- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي مساوية للزاوية الحرجة فإن الشعاع ينكسر منطبقاً على الخط الفاصل بين الوسطين.

## مثال 11.1.58 السؤال

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.333}\right) = 48.6^\circ$$

احسب الزاوية الحرجة للماء إذا كان الوسط الثاني هو الفراغ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $n_2 = 1$  ،  $n_1 = 1.33$

التطبيق:

النتيجة: الزاوية الحرجة للماء تساوي 48.6° .

## \* ومضة

عند سقوط أشعة الشمس على قطرات المطر المعلقة في الهواء يتكون قوس من ألوان الطيف، ويسمى خطأ بقوس قزح (قزح هو الشيطان)، والصحيح أن يسمى قوس المطر.

## 11.2 المنشور

المنشور هو جسم شفاف له خمسة أوجه، وربما لو قسناه على المستطيل والمربع لقلنا هو مجسم المثلث (مجسم المستطيل يسمى متوازي مستطيلات ومجسم المربع يسمى مكعب). من فوائد المنشور:

• تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة.

• تغيير اتجاه الضوء مثل استخدامه في المنظار المقرب ونظارة قوغل.



شكل 11.5: المنشور

### 11.3 العدسات الكروية

العدسات الكروية هي أجسام شفافة لها اسطح جانبية كروية الشكل، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإننا نسميها عدسة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها عدسة محدبة.



شكل 11.6: أنواع العدسات

#### 11.3.1 العدسات المحدبة

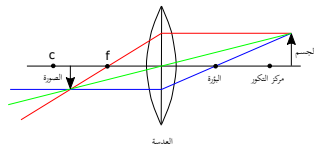
العدسات المحدبة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضا بالعدسات المجمعة لأنها تعمل على تجميع الضوء وتركيزه لكي يمر في البؤرة، وعند وضع جسم أمام العدسة المحدبة تتكون له صورة تختلف في موضعها وإعتدالها وحقيقتها بحسب موضع الجسم، لهذا يتم وصف حالة الصورة بثلاث صفات (صفة واحدة من كل عمود في الجدول التالي):

الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

جدول 11.1: صفات الصور في العدسات

\* مكبرة: الصورة أكبر من الجسم، مصغرة: الصورة أصغر من الجسم، مساوية: الصورة تساوي الجسم، مقلوبة: إتجاه رأس الصورة عكس إتجاه رأس الجسم، معتدلة: رأس الصورة في اتجاه رأس الجسم، حقيقية: يمكن استقبال الصورة على حائل ورقي (هندسيا العدسة بين الجسم والصورة)، خيالية: لا يمكن استقبال الصورة على حائل (هندسيا الجسم والصورة معا في يمين أو يسار العدسة).

لرسم الصور في العدسات المحدبة نحتاج إلى رسم خطين على الأقل من ثلاثة خطوط:



شكل 11.7: رسم الصورة

1. خط يخرج من رأس الجسم ويمر في قطب المرآة بشكل مستقيم.
2. خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينكسر مواز لمحور العدسة.

\* طريقة علمية

يمكن استخدام العدسات المحدبة لإشعال النار، حيث يتجمع ضوء الشمس في البؤرة.

3. خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور العدسة وينكسر ماراً بالبؤرة.

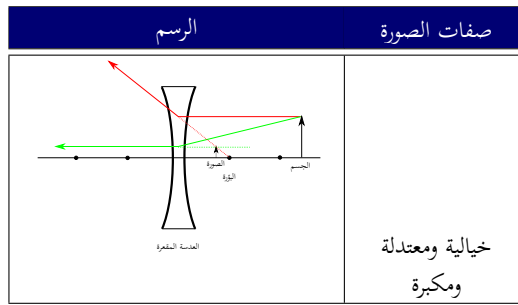
حالات تكون الصور في العدسات:

الرقم	الرسم	صفات الصورة	الصورة	الجسم
1		حقيقية ومقلوبة ومصغرة	في البؤرة	في المالا نهاية
2		حقيقية ومقلوبة ومصغرة	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور
3		حقيقية ومقلوبة ومساوية	عند مركز التكور	عند مركز التكور
4		حقيقية ومقلوبة ومكبدة	خلف مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور
5		حقيقية ومقلوبة ومكبدة	ففي المالا نهاية	في البؤرة
6		خيالية ومعتدلة ومكبدة	خلف الجسم	بين البؤرة والقطب

جدول 11.2: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة

### 11.3.2 العدسات المقعرة

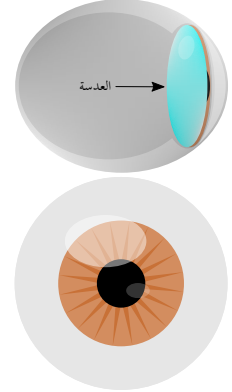
العدسات المقعرة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها مقعر إلى الداخل وتسمى أيضا بالعدسات المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشثيته، وعند وضع جسم أمام العدسة المقعرة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.



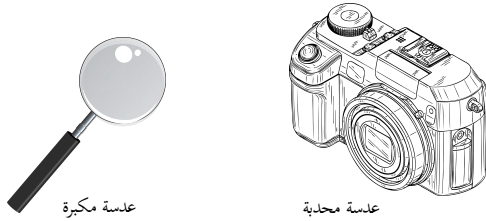
جدول 11.3: حالات تكون الصور في العدسات المقعرة

### 11.3.3 تطبيقات على العدسات

تستخدم العدسات بشكل واسع في حياتنا اليومية، فالعدسات المحدبة تستخدم في النظارة الطبية (طول النظر) والكاميرا والبروجيكتور والعدسة المكبرة المفردة وعدسات مصابيح بعض السيارات، كما تستخدم في التلسكوب والمجهر وعين الانسان، اما العدسات المقعرة فتستخدم في النظارة الطبية (قصر النظر) وخطوط المساحة الليزرية.



شكل 11.8: العين



شكل 11.9: تطبيقات على العدسات

\* طريقة علمية

ع

3

كان الفيزيائي الحسن بن الهيثم يستخدم صندوقاً لتكوين الصور داخله وسماه القمرة، ومنها اشتق مسمى الكاميرا

## 11.4 القانون العام للعدسات والمرايا

سمي بالقانون العام لأنه يشمل العدسات والمرايا، ويتميز بالسهولة إذا تم التعويض بشكل جيد.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (11.4)$$

حيث  $f$  البعد البؤري،  $d_o$  بعد الجسم عن مركز العدسة أو المرآة،  $d_i$  بعد الصورة عن مركز العدسة أو المرآة.

ويجب وضع الإشارة الصحيحة أثناء التعويض في القانون حسب الجدول التالي:

$d_i$		$d_o$		$f$		
-	+	-	+	-	+	
صورة خيالية	صورة حقيقية	جسم خيالي	جسم حقيقي		دائماً	عدسة محدبة
دائماً		جسم خيالي	جسم حقيقي		دائماً	عدسة مقعرة
دائماً		جسم خيالي	جسم حقيقي		دائماً	مرآة محدبة
صورة خيالية	صورة حقيقية	جسم خيالي	جسم حقيقي		دائماً	مرآة مقعرة

جدول 11.4: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

## 11.4.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

$$A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \quad (11.5)$$

حيث  $A$ : تكبير الصورة،  $h_o$ : ارتفاع الجسم،  $h_i$ : ارتفاع الصورة، والاشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

$A < 1$	$A = 1$	$A > 1$
الصورة مصغرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مكبرة

جدول 11.5: قيم تكبير العدسة

## مثال 11.4.59 السؤال

1- إذا وضع جسم على بعد 10 سنتيمتر من عدسة البؤري 200 سنتيمتر ، فأوجد بعد الصورة عن العدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات:  $d_o = 3m$  ،  $f = 2m$

الحل

تعيين المعطيات:  $d_o = 10cm$  ،  $f = 4cm$

التطبيق: حساب بعد الصورة (نظرا لاختلاف الوحدات نحول البعد البؤري لامتر بالقسمة على 100):

التطبيق: حساب بعد الصورة:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{4} - \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{3}{20}$$

$$d_i = \frac{6}{1} = 6m$$

$$d_i = \frac{20}{3} = 6.66cm$$

حساب تكبير الصورة:

حساب تكبير الصورة:

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A = -\frac{6}{3} = -2$$

$$A = -\frac{6.66}{10} = -0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وتبعد 6.66 سنتيمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة. النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وتبعد 6 سنتيمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

2- يقف رجل على بعد 3 أمتار من عدسة مقعرة بعدها

\* ومضة

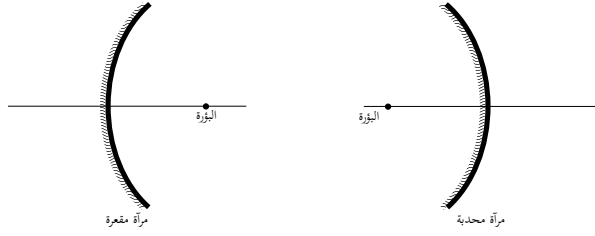
3

لحل المسألة:

- حدد المعطيات.
- اكتب الرمز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

## 11.5 المرايا الكروية

المرايا الكروية هي أسطح مصقولة كروية الشكل، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإننا نسميها مرآة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها مرآة محدبة.



شكل 11.10: أنواع المرايا

### 11.5.1 المرايا المقعرة

المرايا المقعرة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها مقعر ومنحني إلى الداخل وتسمى أيضا بالمرايا المجمعة لأنها تعمل على تجميع الضوء وتركيزه في البؤرة، وعند وضع جسم أمام المرآة المقعرة تتكون له صورة تختلف في موضعها وإعتدالها وحقيقتها بحسب موضع الجسم، لهذا يتم وصف حالة الصورة بثلاث صفات (صفة واحدة من كل عمود في الجدول التالي):

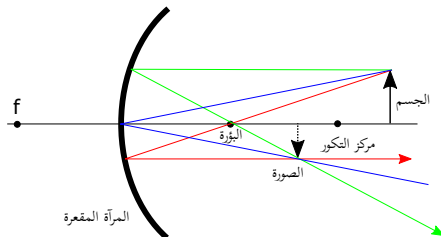
\* مكبرة: الصورة أكبر من الجسم، مصغرة: الصورة أصغر من الجسم، مساوية: الصورة تساوي الجسم، مقلوبة: إتجاه رأس الصورة عكس إتجاه رأس الجسم، معتدلة: رأس الصورة في اتجاه رأس الجسم، حقيقية: يمكن استقبال الصورة على حائل ورقي (هندسيا الجسم والصورة معا في يمين أو يسار المرآة)، خيالية: لا يمكن استقبال الصورة على حائل (هندسيا المرآة بين الجسم والصورة).

لرسم الصور في المرايا المقعرة نحتاج إلى رسم خطين على الأقل من ثلاثة خطوط:

1. خط يخرج من رأس الجسم وينعكس عن قطب المرآة بزواية مساوية لزواية السقوط.

2. خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينعكس مواز لمحور المرآة.

3. خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور المرآة وينعكس ماراً بالبؤرة.



شكل 11.11: رسم الصورة في المرآة المقعرة

### \* طريقة علمية

يمكن استخدام قاعدة علب المشروبات الغازية لإشعال النار، فهي مرايا مقعرة تجمع ضوء الشمس في البؤرة.

الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

جدول 11.6: صفات الصورة

حالات تكون الصور في المرايا:

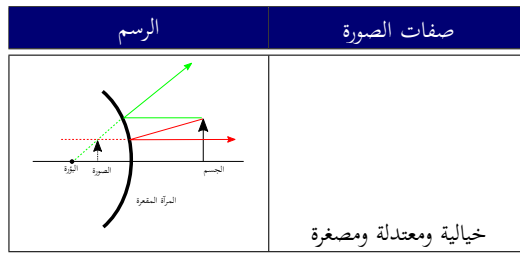


الرقم	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
1	في المالا نهاية	في البؤرة	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
2	خلف مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
3	عند مركز التكور	عند مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومساوية	
4	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
5	عند البؤرة	في اتجاه الجسم	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
6	بين البؤرة وقطب المرآة	خلف الجسم	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 11.7: حالات تكون الصور في المرايا المقعرة

## 11.5.2 المرايا المحدبة

المرايا المحدبة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضا بالمرايا المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشتيته، وعند وضع جسم أمام المرآة المحدبة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.

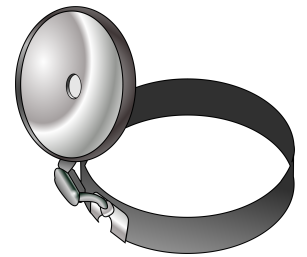


جدول 11.8: حالات تكون الصور في المرايا المحدبة

### 11.5.3 تطبيقات على المرايا

تستخدم المرايا في حياة الإنسان منذ آلاف السنين وحتى قبل إختراع المرايا الزجاجية المبطنة بالفضة، فارتبطت المرأة بالمرأة على مر العصور، أما أقدم الاستخدامات المذكورة في التاريخ - إن صحت تاريخيا - فهو بلا شك فانار الاسكندرية (احدى عجائب الدنيا السبع القديمة)، حيث تم وضع مرآة مقعرة كبيرة على قمة الفانار، وحين تقترب سفينة من الميناء توجه المرأة باتجاه السفينة لكي يتجمع الضوء عليها وتحترق.

أيضا تستخدم المرايا المقعرة في محطات توليد الكهرباء من الشمس، وفي اطباق استقبال الأقمار الصناعية، وأطباق الطبخ بحرارة الشمس وخلفيات الكشافات ومصابيح السيارات، أما المرايا المحدبة تستخدم في المرايا الجانبية للسيارة، وتوضع في المنعطفات لكي تسمح للسائقين برؤية السيارات القادمة من الشارع الجانبي.



شكل 11.12: مرآة مصباح الطبيب

### 11.6 القانون العام للعدسات والمرايا

سمي بالقانون العام لأنه يشمل العدسات والمرايا، ويتميز بالسهولة إذا تم التعويض بشكل جيد.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (11.6)$$

حيث  $f$  البعد البؤري،  $d_o$  بعد الجسم عن مركز العدسة أو المرآة،  $d_i$  بعد الصورة عن مركز العدسة أو المرآة.

ويجب وضع الإشارة الصحيحة أثناء التعويض في القانون حسب الجدول التالي:

$d_i$		$d_o$		$f$	
-	+	-	+	-	+
عدسة محدبة	دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية
عدسة مقعرة	دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	دائما
مرآة محدبة	دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	دائما
مرآة مقعرة	دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية

جدول 11.9: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

### 11.6.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

$$A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \quad (11.7)$$

حيث  $A$  تكبير الصورة،  $h_o$  ارتفاع الجسم،  $h_i$  ارتفاع الصورة، والإشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

$A < 1$	$A = 1$	$A > 1$
الصورة مصغرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مكبرة

جدول 11.10: قيم تكبير العدسة

## مثال 11.6.60 السؤال

1- إذا وضع جسم على بعد 10 سنتيمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها؟  
بعدها البؤري 200 سنتيمتر ، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات:  $f=2m$  ،  $d_o=3m$

التطبيق: حساب بعد الصورة (نظرا لاختلاف الوحدات نحول البعد البؤري لامتر بالقسمة على 100):

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{6}$$

$$d_i = \frac{6}{1} = 6m$$

حساب تكبير الصورة:

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A = -\frac{6}{3} = -2$$

الحل

تعيين المعطيات:  $f=4cm$  ،  $d_o=10cm$

التطبيق: حساب بعد الصورة:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{4} - \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{20}$$

$$d_i = \frac{20}{3} = 6.66cm$$

حساب تكبير الصورة:

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A = -\frac{6.66}{10} = -0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 6.66 سنتيمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

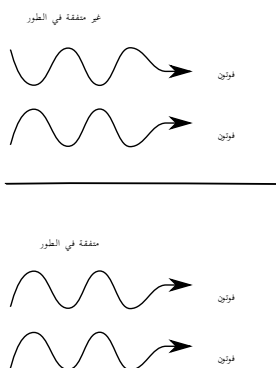
النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 6 متر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

2- يقف رجل أمام على بعد 3 أمتار من مرآة مقعرة

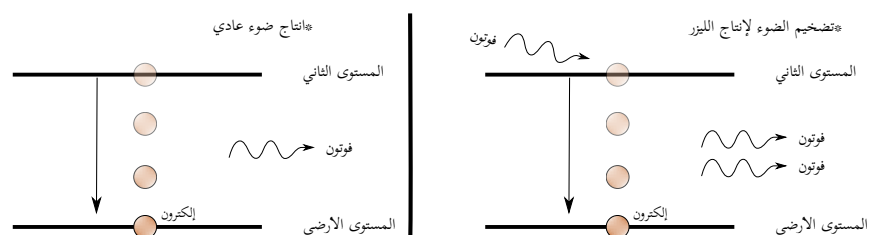
## 11.7 الليزر وتطبيقاته

الليزر هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز(المستحث).

الضوء العادي الموجود في حياتنا العادية، مثل الشمس، مصباح النيون، النار، يكون على شكل فوتونات لها أطوال موجية متنوعة وغير متفقة في الطور، بينما في الليزر تكون جميع الفوتونات متساوية في التردد والطول الموجي، ومتفقة في الطور، إن أجهزة إنتاج الليزر، تقوم بوظيفة تشبه ما يقوم به المشط في الشعر، فالمشط يجعل خصلات الشعر بشكل متوازي مع بعضها. كيف ينتج الليزر؟ قام اينشتاين في عام 1917 بالاشارة إلى ظاهرة الانبعاث المستحث، وتعني بشكل مبسط، أن الإلكترون حين يكتسب طاقة ينتقل من مستواه إلى المستوى الأعلى منه، ويبقى فيها لمدة  $10^{-8}s$ ، ثم يعود مرة أخرى إلى مكانه الأصلي في المستوى الأدنى، مع فقد طاقته المكتسبة على شكل فوتون واحد، لكن إذا اصطدم فوتون خارجي بالإلكترون أثناء وجوده في المستوى العلوي، فإنه يطلق فوتونين وليس واحد، عند نزوله للمستوى الأدنى، ويتميز هذان الفوتونان بأنهما متساويان في التردد والطول الموجي ومتفقان في الطور.



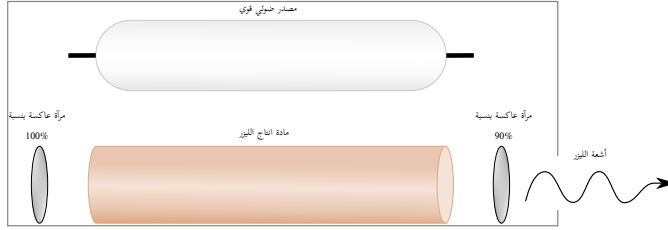
شكل 11.13: فرق الطور



شكل 11.14: الانبعاث المستحث

تم انتاج الليزر لأول مرة في عام 1960م باستخدام موجات المايكرويف، ولهذا سمي ميزر، Maser ثم تم تطويره واستخدم الضوء المرئي فسمي ليزر، Laser واخيرا استخدمت اشعة جاما فسمي قيزر، Gaser واستخدمت أيضا الاشعة تحت الحمراء وشُمي ليزر الاشعة تحت الحمراء.

مم يتكون جهاز الليزر ؟ جهاز الليزر يتكون من اربعة اجزاء رئيسية هي: مرآتين - مصدر ضوئي قوي (أو مصدر شحنات كهربائية)، مادة منتجة لليزر.



شكل 11.15: انتاج الليزر

يقوم المصدر الضوئي بضخ عدد ضخم من الفوتونات التي تخترق المادة الفعالة المنتجة لليزر، فتصطدم الفوتونات بالالكترونات اثناء وجودها في المستوى العلوي كما تم شرحه في الاعلى، فينتج من كل الكترون فوتونين، تسقط الفوتونين على المرآة، فترتد ويصطدم كل واحد منهما بالكترون منتجاً فوتونين، فيصبح المجموع 4، ثم تصبح 8، ويستمر التضاعف، مع حركة الفوتونات جيئة وذهابا بين المرآتين. يخرج جزء من الفوتونات من المرآة العاكسة بنسبة 90%، ويسمى الضوء الخارج بالليزر، بينما تستمر الفوتونات الباقية بالانعكاس والتضاعف.

أنواع الليزر:

- ليزر الجوامد مثل الياقوت.
- ليزر الغازات مثل الارجون والكلور.
- ليزر السوائل مثل الاسكولين.
- ليزر أشباه الموصلات.

أمثلة على استخدامات الليزر:

العمليات الجراحية، قاريء الاقراص، لحام وقص المعادن، عرض ثلاثي الابعاد (الهولوغرام)، بعض الطابعات المجسمة (ثلاثية الابعاد)، قاريء اسعار الباركود.



شكل 11.16: الباركود

## 11.8 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء بزاوية 32 درجة،  
أوجد زاوية الانكسار؟

الحل

تعيين المعطيات:  $n_1=1$  ،  $\theta_1=32^\circ$  ،  $n_2=1.33$   
التطبيق:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{1 \times \sin 32}{1.33} \right)$$

$$\theta_2 = 44.813^\circ$$

2- إذا وضع جسم على بعد 12 سنتمتر من عدسة محدبة  
بعدها البؤري 7 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $f=7cm$  ،  $d_o=12cm$   
التطبيق: حساب بعد الصورة:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{7} = \frac{1}{12} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{7} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{5}{84}$$

$$d_i = \frac{84}{5} = 16.8cm$$

حساب تكبير الصورة:

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A = -\frac{16.8}{12} = -1.4$$

أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 16.8 سنتمتر، والاشارة  
السالبة تدل على أنها مقلوبة.

3- يقف رجل أمام على بعد 35 سنتمتر من مرآة مقعرة  
بعدها البؤري 9 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن المرآة  
وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات:  $f=9cm$  ،  $d_o=35cm$   
التطبيق: حساب بعد الصورة :

$$\frac{1}{9} = \frac{1}{35} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{9} - \frac{1}{35}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{26}{315}$$

$$d_i = \frac{315}{26} = 12.11m$$

حساب تكبير الصورة:

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A = -\frac{12.11}{35} = -0.34$$

أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 12.11 سنتمتر ، والاشارة  
السالبة تدل على أنها مقلوبة.

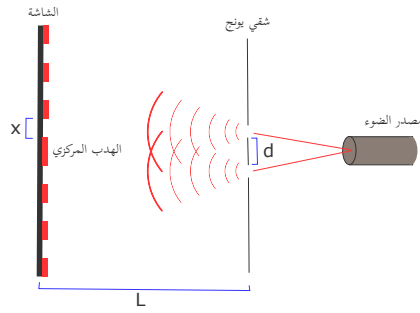
4- الصورة في المرايا المحدبة تكون:

1. مكبرة 3. مساوية

2. مصغرة ✓ 4. لا توجد صورة



## 12 التداخل والحيود



- أنواع الضوء
- التداخل والحيود
- معيار ريليه

مقدمة

## 12.1 التداخل

## 12.1.1 أنواع الضوء

الضوء المترابط: وهو ضوء ذو مقدمات موجيه متزامنة ويكون ذو خاصية تباعد انتشار منخفضة.

الضوء غير المترابط: هو ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة.

تداخل الضوء المترابط:

تداخل الضوء المترابط ينتج أهداب لونية تختلف باختلاف نوع اللون المستخدم، لكنها تتفق في كونها مكونه من أهداب مضيئة (تداخل بناء) وأهداب مظلمة (تداخل هدام).

نوع الضوء	الهذب المركزي	الأهداب الأخرى
أحادي اللون	نفس اللون	نفس اللون
أبيض	أبيض	ألوان الطيف

جدول 12.1: تداخل الضوء المترابط



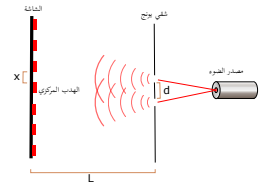
شكل 12.1: الأهداب

## 12.1.2 تجربة يونج

قام يونج بتجربة لإثبات الطبيعة الموجية للضوء وتوصل إلى أن الضوء يتداخل محدثاً أهداب مضيئة وأهداب مظلمة، أي أن الضوء ذو طبيعة موجية.

$$m\lambda = \frac{xd}{L} \quad (12.1)$$

حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $x$  المسافة بين الهذب المركزي والهذب الأول المضيء،  $d$  المسافة بين الشقين،  $L$  المسافة بين الشقين واللوحه التي تظهر عليها الأهداب،  $m$  رقم الهذب (المركزي  $m=0$ ).



شكل 12.2: تجربة يونج

## مثال 12.1.61 السؤال

$$m\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{5 \times 10^{-7} \times 1}{2 \times 10^{-5}}$$

$$= 0.025m$$

النتيجة: بعد الهذب المضيء الأول عن الهذب المركزي

يساوي 0.025 متر.

إذا تم إجراء تجربة يونج باستخدام ضوء طوله الموجي  $5 \times 10^{-7}m$  ووضعت الشاشة على بعد  $1m$  وكانت المسافة بين شقي يونج  $2 \times 10^{-5}m$  فاحسب بعد الهذب المضيء الأول عن الهذب المركزي؟

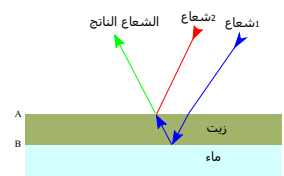
**الحل**

تعيين المعطيات:  $d = 2 \times 10^{-5}m$  ،  $L = 1m$  ،  $\lambda = 5 \times 10^{-7}m$

التطبيق:

## 12.1.3 التداخل في الأغشية الرقيقة

وهي أغشية رقيقة من مادة شفافة تحدث تداخل بناء أو هدام للضوء الساقط عليها، حيث ينعكس جزء من الضوء على السطح A كما في الرسم التوضيحي، وجزء ينفذ من السطح A وينعكس على السطح B ثم يخترق السطح A ويعود مرة أخرى للهواء، وإذا انطبق هذا الشعاع الخارج للهواء مع الشعاع الأول المنعكس عن A فإنه ينتج تداخل بناء أو هدام بناء على سمك الغشاء ومعامل انكساره. مثل رؤيتنا للألوان المتموجة والبراقة على غشاء رقيق من الزيت يطفو على الماء أو على أجنحة بعض الحشرات مثل فراشة مورفو، ويمكن استخدام التداخل البناء في الأغشية الرقيقة في صنع أسطح لامعة متوهجة كما يمكن استخدام التداخل الهدام في صنع ملابس عسكرية أو أسطح خفية للطائرات.



شكل 12.3: التداخل في الأغشية



الطول الموجي في الوسط

$$\lambda_f = \frac{\lambda_0}{n} \quad (12.2)$$

حيث  $\lambda_f$  الطول الموجي في الوسط،  $\lambda_0$  الطول الموجي في الفراغ،  $n$  معامل انكسار الوسط.  
حساب سمك التداخل البناء

$$d = \frac{a\lambda_f}{4} \quad \& \quad a = 1, 3, 5, \dots \quad (12.3)$$

حساب سمك التداخل الهدام

$$d = \frac{a\lambda_f}{2} \quad \& \quad a = 1, 2, 3, \dots \quad (12.4)$$

حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $a$  ترتيب الشك،  $d$  سمك الغشاء.

## مثال 12.1.62 السؤال

$$\lambda_{\text{الوسط}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الوسط}}} = \frac{500 \times 10^{-9}}{1.45} = 344.82 \times 10^{-9} m$$

أوجد أقل سمك لغشاء رقيق من الزيت معامل انكساره 1.45 لكي ينتج تداخل تعميمي لشعاع ضوئي طوله الموجي في الفراغ 500nm ؟

الحل

$$d_{\text{السمك}} = \frac{\lambda_{\text{الوسط}}}{4} = \frac{344.82 \times 10^{-9}}{4} = 86.2 \times 10^{-9} m$$

تعيين المعطيات:  $\lambda = 5 \times 10^{-7} m$  ،  $n = 1.45$ النتيجة: أقل سمك ينتج تداخل تعميمي  $86.2 \times 10^{-9}$ 

متر.

التطبيق:

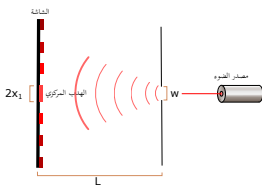
وعند انعكاس الضوء عن وسط معامل انكساره أكبر من الوسط الأول فإن موجة الضوء تنقلب، والعكس صحيح.

- معامل الانكسار الوسط  $> 1$  معامل إنكسار الوسط 2 ← تنقلب الموجة عند انعكاسها.

- معامل الانكسار الوسط  $< 1$  معامل إنكسار الوسط 2 ← لا تنقلب الموجة عند انعكاسها.

## 12.1.4 حيود الشق الأحادي

عند مرور الضوء من خلال شق أحادي فإنه ينتج لدينا أهداب مضيئة وأهداب مظلمة.



شكل 12.4: حيود الشق الأحادي

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w} \quad (12.5)$$

حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $2x_1$  عرض الهدب المركزي المضيء،  $w$  عرض الشق،  $L$  المسافة بين الشق واللوحه التي تظهر عليها الأهداب.

## مثال 12.1.63 السؤال

في تجربة الشق الاحادي إستخدمنا شعاع ضوئي طوله الموجي  $400 \times 10^{-9} m$  ليمر من خلال شق عرضه  $7 \times 10^{-5} m$  ، أوجد عرض الهدب المركزي المتكون على شاشة تقع على بعد 1 متر؟

الحل

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$= \frac{2 \times 400 \times 10^{-9} \times 1}{7 \times 10^{-5}}$$

$$= 0.011 m$$

تعيين المعطيات:  $\lambda = 400 \times 10^{-9} m$  ،  $w = 7 \times 10^{-5} m$  $L = 1 m$  ،  $10^{-5} m$ 

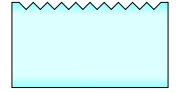
النتيجة: عرض الهدب المركزي يساوي 0.011 متر.

## 12.1.5 محزوز الحيود

هو سطح شفاف يحتوي على عدد كبير من الأخاديد الدقيقة المتوازية.

أنواع محزوز الحيود:

- محزوز النفاذ هو سطح شفاف به عدد كبير من الأخاديد الدقيقة والمتوازية.
- محزوز غشائي هو غشاء من مادة لدائنية يلصق على محزوز نفاذ إلى أن تنطبق صورة محفورة من المحزوز الأصلي عليه، و يتميز برخص ثمنه.
- محزوز الإنعكاس هو سطح عاكس (معدني أو زجاجي عاكس) به عدد كبير من الأخاديد الدقيقة والمتوازية وعلى سطحه طبقة حماية من مادة شفافة. مثل قرص DVD .



شكل 12.5: محزوز الحيود

$$m\lambda = d\sin\theta \quad (12.6)$$

حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $d$  المسافة بين الشقين،  $\theta$  الزاوية بين وسط الهدب المركزي والهدب المضيء الأول،  $m$  رقم الهدب (المركزي  $m=0$ ).

## مثال 12.1.64 السؤال

$$=6.94 \times 10^{-7} m$$

في تجربة محزوز الحيود، استخدمنا محزوز البعد بين كل شقين  $4 \times 10^{-6} m$  فتكون الهدب المضيء الأول بزاوية  $10^\circ$ ، احسب الطول الموجي للضوء الاحادي المستخدم ثم احسب عدد الشقوق؟

$$N = \frac{1}{d}$$

$$= \frac{1}{4 \times 10^{-6}}$$

$$= 25 \times 10^{-4}$$

**الحل**

تعيين المعطيات:  $d = 4 \times 10^{-6} m$  ،  $\theta = 10^\circ$

التطبيق: حساب الطول الموجي

$$m\lambda = d\sin\theta$$

النتيجة: الطول الموجي يساوي  $6.94 \times 10^{-7}$  متر.

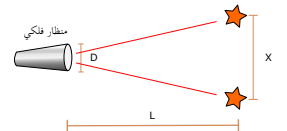
$$\lambda = 4 \times 10^{-6} \times \sin 10$$

## 12.1.6 معيار ريليه

معيار ريليه ينص على أنه إذا سقطت البقعة المضيئة لصوره أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التمييز.

$$x = \frac{1.22\lambda L}{D} \quad (12.7)$$

حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $x$  المسافة بين النجمين أو الجسمين،  $L$  بعد الجسمين عن المنظار،  $D$  قطر فتحة المنظار، 1.22 المعامل الهندسي.



شكل 12.6: معيار ريليه

## مثال 12.1.65 السؤال

$$x = \frac{1.22\lambda L}{D}$$

$$= \frac{1.22 \times 5 \times 10^{-7} \times 370 \times 10^3}{2.43}$$

$$= 9.3 \times 10^{-2} m$$

جسمان مضيئان على بعد  $370 km$  يصدران ضوءاً طوله الموجي  $5 \times 10^{-7} m$ ، تم رصدهما من مقراب قطر فتحة  $2.43 m$ ، احسب المسافة الفاصلة بين الجسمين؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $L = 370 km$  ،  $\lambda = 5 \times 10^{-7} m$  ،

$$D = 2.43 m$$

النتيجة: المسافة الفاصلة بين الجسمين  $9.3 \times 10^{-7}$

متر.

التطبيق:

## 12.2 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

## الحل

- 1- في تجربة الشق الاحادي إستخدمنا شعاع ضوئي طوله الموجي  $560 \times 10^{-9} m$  ليمر من خلال شق عرضه  $6 \times 10^{-5} m$  ، أوجد عرض الهدب المركزي المتكون على شاشة تقع على بعد 1 متر؟
- تعيين المعطيات:  $d = 2 \times 10^{-5} m$  ،  $\lambda = 4 \times 10^{-7} m$  ،  $x = 0.03 m$
- التطبيق:

$$m\lambda = \frac{x d}{L}$$

$$L = \frac{x d}{m \lambda}$$

$$= \frac{0.03 \times 2 \times 10^{-5}}{1 \times 4 \times 10^{-7}}$$

$$= 1.5 m$$

- 3- لون فراشة المورفو ناتج عن:

1. التداخل في الأغشية الرقيقة ✓
3. حيود الشق الاحادي

2. تداخل يونج
4. محزوز الحيود

## الحل

- تعيين المعطيات:  $w = 6 \times 10^{-5} m$  ،  $\lambda = 560 \times 10^{-9} m$  ،  $L = 1 m$
- التطبيق:

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

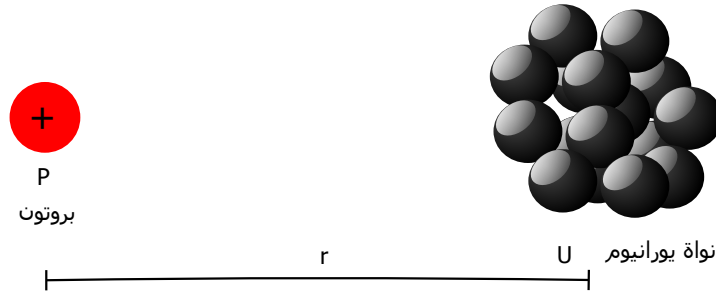
$$= \frac{2 \times 560 \times 10^{-9} \times 1}{6 \times 10^{-5}}$$

$$= 0.0187 m$$

- 2- في تجربة يونج استخدم ضوء طوله الموجي  $4 \times 10^{-7} m$  وكانت المسافة بين شقي يونج  $2 \times 10^{-5} m$  ، فتكون الهدب المضيء الأول على بعد  $0.03 m$  ، احسب المسافة بين الشقين والشاشة؟



## 13 الكهرباء الساكنة



- دراسة مكونات الذرة
- الالكترونات والمواد
- شحنة الالكترون

مقدمة

## 13.1 الشحنات

## 13.1.1 مكونات الذرة

الذرة هي الوحدة الأساسية المكون للمادة، وتتكون من :  
1- نواة وتتكون النواة :

• بروتونات ( $p^+$ ) موجبة الشحنة

• نيوترونات ( $n$ ) متعادلة الشحنة

2- الإلكترونات ( $e^-$ ) سالبة الشحنة

أنواع الشحنات: عن ذلك بعض الأجسام فإنها تصبح مشحونة بشحنة موجبة مثل الزجاج، أو مشحونة بشحنة سالبة مثل المطاط، وتنتج الشحنة الموجبة عن فقد الإلكترونات بينما تنتج الشحنة السالبة عن اكتساب الإلكترونات.

## 13.1.2 الإلكترونات والمواد

للإلكترونات مع المواد ثلاث حالات:

- المواد الموصلة للكهرباء تتحرك فيها الإلكترونات بحرية وتتجمع عادة على سطحها.
- المواد العازلة للكهرباء تبقى فيها الإلكترونات في مكانها.
- المواد شبه الموصلة تكون حركة إلكتروناتها محدودة وترتبط عادة هذه الحركة بعوامل مثل الشوائب ودرجة الحرارة.

## 13.1.3 شحنة الإلكترون

عادة تكون شحنة الإلكترون الواحد تساوي  $e^- = 1.6 \times 10^{-19} C$  ، الكولوم  $C$  هي وحدة الشحنة والتي تعادل شحنة  $6.25 \times 10^{18}$  إلكترون.



شكل 13.1: قانون كولوم

**قانون كولوم** قانون كولوم هو تناسب القوة الكهروستاتيكية بين اثنين من نقاط الشحنات الكهربائية تناسباً طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين ، وعكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين.

$$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2} \quad (13.1)$$

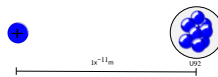
حيث  $F$  قوة التجاذب بين الشحنتين،  $q_1 q_2$  شحنتي الجسمين،  $r$  المسافة بين مركزي الجسمين،  $k$  ثابت كولوم ويساوي  $9 \times 10^9 N.m^2/C^2$ .

## مثال 13.1.66 السؤال

احسب قوة التنافر الناتجة عن قذف بروتون موجب باتجاه نواة ذرة اليورانيوم التي تحتوي 92 بروتون على اعتبار نواة اليورانيوم شحنة نقطية ، وذلك عندما كانت المسافة بينهما  $1 \times 10^{-11} m$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $q_1 = q_2 = 1.6 \times 10^{-19} C$  ،  $r = 1 \times 10^{-11} m$



$$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 92 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-11})^2} = 2.1 \times 10^{-4} N$$

النتيجة: قوة التنافر بين البروتون ونواة ذرة اليورانيوم  $2.1 \times 10^{-4}$  نيوتن.

## 13.2 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 94 \times 1.6 \times 10^{-19} \times -1.6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-11})^2}$$

$$= -1.3633 \times 10^{-6} N$$

2- ما هي وحدة ثابت كولوم ؟

$$N/m^2 \quad 3.$$

$$N \quad 1.$$

$$\checkmark N.m^2/C^2 \quad 4.$$

$$N/m \quad 2.$$

1- احسب قوة التجاذب الناتجة عن قذف الكترون سالب باتجاه نواة ذرة البلوتونيوم التي تحتوي 94 بروتون على اعتبار نواة اليورانيوم شحنة نقطية ، وذلك عندما كانت المسافة بينهما  $1.3 \times 10^{-11} m$  ؟

**الحل**

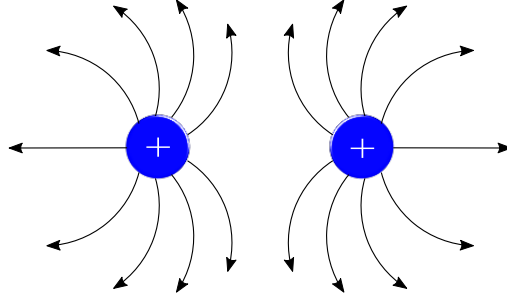
تعيين المعطيات:  $r = 1.3 \times 10^{-11} m$   
التطبيق:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$





## 14 المجالات الكهربائية



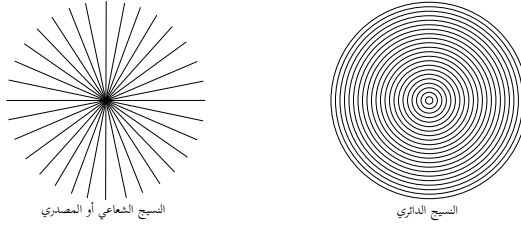
- شدة المجال الكهربائي
- قوة المجال الكهربائي
- السعة والمكثفات

مقدمة

## 14.1 المجال الكهربائي

المجال الكهربائي عبارة عن كمية فيزيائية لها مقدار واتجاه عند كل نقطة في الفضاء، وتكون هذه المجالات ثلاثية الأبعاد، لكن للتبسيط ترسم في بعدين، ويحتوي رسم كل مجال على ثلاث عناصر:

- مخطط المجال المتجهي: ويمثل بأسهم تختلف في أطوالها واتجاهها.
- خطوط المجال: وهي خطوط تنحرف بتأثير حقل المجال عند كل نقطة على طول الخط ولا يمكن أن تتقاطع مع بعضها.
- بذور العشب: ويقصد بها نسيج من الاشرطة المتوازية في حقل المجال. [10]



شكل 14.1: نسيج المجال

وعلى الرغم من أننا لا نستطيع تحديد الاتجاه المطلق، إلا أنه يمكننا تحديد الاتجاه النسبي. مجال الجاذبية الأرضية مثال مشهور على المجالات، حيث يكون اتجاه قوة مجال الجاذبية الأرضية متجهًا إلى مركز الأرض:

$$\vec{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \hat{r} \quad (\text{الأرضية الجاذبية قوة})$$

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m} = -\frac{GMm/r^2}{m} \hat{r} = -G \frac{M}{r^2} \hat{r} \quad (\text{الأرضية الجاذبية مجال})$$

### 14.1.0.1 الشحنة الكهربائية

يوجد نوعين من الشحنات الكهربائية: الموجبة والسالبة، ووحدتها كولوم C. شحنة الإلكترون السالب أو البروتون الموجب:

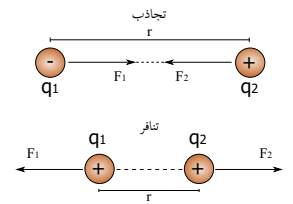
$$\pm e = \pm 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$Q = \pm Ne \quad (\text{quantized الشحنة})$$

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \quad e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma \quad (\text{conserved الشحنة})$$

### 14.1.0.2 القوة الكهربائية بين الشحنات

قوة تجاذب إذا كانت الشحنات مختلفة. قوة تنافر إذا كانت الشحنات متشابهة.



شكل 14.2: القوة الكهربائية

### 14.1.1 ثنائي القطب

الاجسام التي تحوي شحنة كهربائية قد يكون لها قطب واحد مثل كرة تتجمع الشحنات السالبة على سطحها، وقد يكون لها قطبين مثل طرفي بطارية كهربائية، ويسمى الجسم في هذه الحالة ثنائي القطب، وتعمل هذه الأقطاب على تكوين المجالات الكهربائية المحيطة بالشحنة.

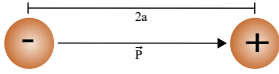
ثنائي القطب له قطبين كهربائيين أحدهما سالب والآخر موجب، ويوجد نوعين من ثنائيات القطب:

1. ثنائي قطب فعال: ينتج الطاقة الكهربائية من مصدر مثل المولد والبطارية.

2. ثنائي قطب غير فعال: يستهلك الطاقة الكهربائية مثل المقاومات والملفات.

#### 14.1.1.1 عزم ثنائي القطب

يوجد لثنائيات القطب الكهربائية عزم يسمى عزم ثنائي القطب، ويعتمد على الشحنة والبعد بين القطبين.



شكل 14.3: عزم ثنائي القطب

$$\vec{P} = q \times 2a \quad (14.1)$$

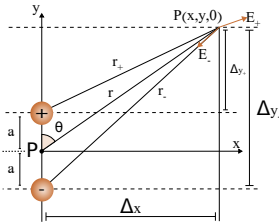
حيث  $P$  عزم ثنائي القطب من القطب السالب إلى القطب الموجب، و  $q$  الشحنة الكهربائية، و  $2a$  المسافة بين مركزي القطبين.

#### 14.1.1.2 تكوين المجال الكهربائي لثنائي القطب

$$\frac{\hat{r}}{r^2} = \frac{\vec{r}}{r^3} = \frac{\Delta x}{r^3} \hat{i} + \frac{\Delta y}{r^3} \hat{j}$$

$$E_x = k_e q \left( \frac{\Delta x}{r_+^3} - \frac{\Delta x}{r_-^3} \right) = k_e q \left( \frac{x}{[x^2 + (y-a)^2]^{3/2}} - \frac{x}{[x^2 + (y+a)^2]^{3/2}} \right) \quad (14.2)$$

$$E_y = k_e q \left( \frac{\Delta y_+}{r_+^3} - \frac{\Delta y_-}{r_-^3} \right) = k_e q \left( \frac{y-a}{[x^2 + (y-a)^2]^{3/2}} - \frac{y+a}{[x^2 + (y+a)^2]^{3/2}} \right) \quad (14.3)$$



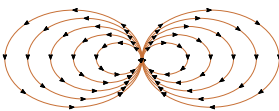
شكل 14.4: مجال ثنائي القطب

#### ثنائية القطب النقطية

$$r \gg a$$

$$E_x \rightarrow \frac{3p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sin\theta \cos\theta \quad (14.4)$$

$$E_y \rightarrow \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} (3\cos^2\theta - 1) \quad (14.5)$$



شكل 14.5: ثنائية القطب النقطية

#### 14.1.1.3 شدة المجال الكهربائي (E)

هي كمية فيزيائية متجهة تصف القوة التي يؤثر بها مجال كهربائي على شحنة كهربائية.

$$E = \frac{F}{q} \quad (14.6)$$

حيث  $F$  شدة المجال الكهربائي،  $F$  القوة المؤثرة على الشحنة،  $q$  شحنة الاختبار.

مثال 14.1.67 السؤال

$$= \frac{3}{6 \times 10^{-6}}$$

احسب شدة المجال الكهربائي عند شحنة نقطية مقدارها  $6\mu C$  تؤثر عليها قوة مقدارها  $3N$  ؟

الحل

$$= 5 \times 10^5 N/C$$

تعيين المعطيات:  $F=3N$  ،  $q=6 \times 10^{-6} C$

التطبيق:

النتيجة: شدة المجال الكهربائي تساوي  $5 \times 10^5$  نيوتن / كولوم.

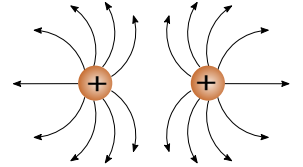
$$E = \frac{F}{q}$$

14.1.1.4 شدة مجال الجاذبية (g)

$$g = \frac{F}{m}$$

(14.7)

حيث  $g$  شدة مجال الجاذبية،  $F$  القوة المؤثرة على الشحنة،  $m$  كتلة الجسم.



شكل 14.6: شحنتان متشابهتان

14.1.1.5 قوة المجال الكهربائي على جسيم

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

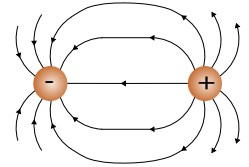
(14.8)

حيث  $k=8.9875 \times 10^9 Nm^2/C^2$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQq}{r^2} \times \frac{1}{q} = \frac{kQ}{r^2}$$

(14.9)

حيث  $F$  قوة المجال الكهربائي،  $Q$  الشحنة الناتجة عن المجال الكهربائي،  $q$  شحنة الجسيم،  $r$  المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم،  $k$  ثابت كولوم، وتكون إشارة  $Q$  موجبة إذا كانت اتجاه المجال خارج من الشحنة، وتكون الإشارة سالبة إذا كان اتجاه المجال داخل إلى الشحنة.



شكل 14.7: شحنتان مختلفتان

وعند وجود أكثر من شحنتين فإن محصلة الشحنتات تحسب بالقانون:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \quad \& \quad \vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i \quad (14.10)$$

مثال 14.1.68 السؤال

$$= 3.2 \times 10^{-19} C$$

أحسب شدة المجال الكهربائي على بعد  $0.1nm$  من نواة ذرة الهيليوم؟

الحل

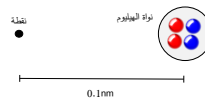
حساب شدة المجال الكهربائي

تعيين المعطيات:  $r=0.1 \times 10^{-9} m$  ،  $q=1.6 \times 10^{-19} C$

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 3.2 \times 10^{-19}}{(0.1 \times 10^{-9})^2}$$

$$= 28.8 \times 10^{10} N/C$$



التطبيق: شحنة نواة الهيليوم

النتيجة: شدة المجال الكهربائي  $28.8 \times 10^{10}$  نيوتن / كولوم.

$$q = 2 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

## 14.1.1.6 الطاقة الكهربائية الكامنة بين جسيمين مشحونين

$$PE = \frac{kq_1q_2}{r} \quad (14.11)$$

حيث  $PE$  الطاقة الكهربائية الكامنة بين الجسيمين،  $q_1q_2$  شحنتي الجسيمين،  $r$  المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم،  $k$  ثابت كولوم.

## مثال 14.1.69 السؤال

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{0.1}$$

$$= 0.54 J$$

1- احسب الطاقة الكامنة بين جسيمين مشحونين بشحنة موجبه  $q_1 = 2 \mu C$  و  $q_2 = 3 \mu C$  والمسافة بينهما  $10 cm$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $q_1 = 2 \mu C$  ،  $q_2 = 3 \mu C$  ،  $r = 0.1 m$

التطبيق:

النتيجة: الطاقة الكامنة بين الجسيمين المشحونين  $0.54$  جول.

$$PE = \frac{kq_1q_2}{r}$$

## 14.1.1.7 فرق جهد الطاقة الكهربائية الكامنة

$$V = \frac{PE}{q} \quad (14.12)$$

حيث  $V$  فرق الجهد الكهربائي،  $PE$  الطاقة الكهربائية الكامنة،  $q$  شحنة الجسيم.

## مثال 14.1.70 السؤال

$$PE = Vq$$

$$= 150 \times 8 \times 10^{-9}$$

$$= 1.2 \times 10^{-6} J$$

احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها  $8 nC$  وفرق جهده مع محيطه  $150 V$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $V = 150 V$  ،  $q = 8 \times 10^{-9} C$

التطبيق:

النتيجة: الطاقة الكهربائية الكامنة  $1.2 \times 10^{-6}$  جول.

$$V = \frac{PE}{q}$$

## 14.1.1.8 السعة والمكثفات

$$C = \frac{q}{\Delta V} \quad (14.13)$$

حيث  $\Delta V$  فرق الجهد الكهربائي،  $C$  السعة الكهربائية،  $q$  الشحنة.

## مثال 14.1.71 السؤال

$$C = \frac{q}{V}$$

$$= \frac{6 \times 10^{-9}}{200}$$

$$= 3 \times 10^{-11} F$$

سطح يحمل شحنة مقدارها  $6nC$  وفرق جهده مع محيطه  $200V$  ، أحسب السعة الكهربائية من السطح ومحيطه ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $V=200V$  ،  $q=6 \times 10^{-9} C$

التطبيق:

النتيجة: السعة الكهربائية تساوي  $3 \times 10^{-11}$  فاراد.

الطاقة المخزنة في المكثف

$$E = \frac{1}{2} QV$$

(14.14)

حيث  $E$  الطاقة المخزنة في المكثف ،  $V$  فرق الجهد الكهربائي ،  $Q$  الشحنة.

## مثال 14.1.72 السؤال

مكثف شحنته  $9.6nC$  وفرق الجهد بين طرفيه  $120V$  ، التطبيق:

احسب الطاقة المخزنة فيه ؟

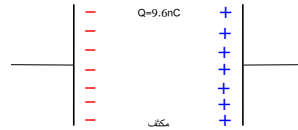
الحل

تعيين المعطيات:  $V=120V$  ،  $q=9.6 \times 10^{-9} C$

$$E = \frac{1}{2} QV$$

$$= 0.5 \times 9.6 \times 10^{-9} \times 120$$

$$= 5.76 \times 10^{-7} J$$



النتيجة: الطاقة المخزنة في المكثف تساوي  $5.76 \times 10^{-7}$  جول.

## 14.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$=2.1 \times 10^{-6} J$$

1- احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها  $35nC$  وفرق جهده مع محيطه  $120V$  ؟

الحل

2- ما هي وحدة فرق الجهد الكهربائي ؟

تعيين المعطيات:  $V=120V$  ،  $q=35 \times 10^{-9} C$   
التطبيق:

$$N/C$$

$$\checkmark V$$

$$E = \frac{1}{2} QV$$

$$N$$

$$C$$

$$=0.5 \times 35 \times 10^{-9} \times 120$$

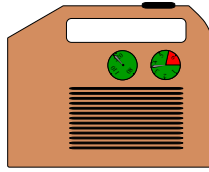




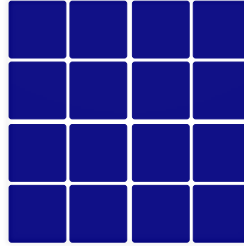
## 15 التيار المستمر



البطارية



المولد الكهربائي



الخلايا الشمسية

- مصادر التيار الكهربائي
- التيار الكهربائي والشحنة
- المقاومة الكهربائية

مقدمة

## 15.1 مصادر التيار الكهربائي

يوجد للتيار الكهربائي عدة مصادر أهمها المولدات والبطاريات والخلايا الشمسية، وتنتج هذه المصادر نوعين من التيار الكهربائي:

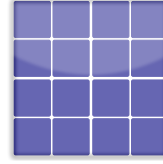
1. التيار المستمر  $DC$
2. التيار المتردد  $AC$



البطارية



المولد الكهربائي



الخلايا الشمسية

شكل 15.1: من مصادر التيار الكهربائي

إتجاه التيار الكهربائي

- الاتجاه الهندسي للتيار الكهربائي ويكون من القطب الموجب للقطب السالب.

- الاتجاه الفيزيائي للتيار الكهربائي ويكون من القطب السالب للقطب الموجب.

وفي مادة الفيزياء يعتبر أن اتجاه انتقال التيار يكون من القطب الموجب ذي الجهد العالي إلى القطب السالب ذي الجهد المنخفض، ويسير التيار بسرعة تقارب سرعة الضوء.

## 15.2 القدرة الكهربائية والشغل والتيار

$$P = \frac{W}{t} \quad (15.1)$$

$$P = VI \quad (15.2)$$

حيث  $P$  القدرة،  $V$  فرق الجهد الكهربائي،  $t$  الزمن،  $I$  شدة التيار الكهربائي،  $W$  الشغل.

### مثال 15.2.73 السؤال

ما مقدار القدرة عندما يكون فرق الجهد  $V=6V$  وشدة

التيار  $I=1.4A$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $V=6V$  ،  $I=1.4A$

التطبيق:

$$= 6 \times 1.4$$

$$= 8.4W$$

النتيجة: القدرة الكهربائية تساوي 8.4 وات.

$$P = VI$$

## 15.3 التيار والشحنة

$$I = \frac{q}{t} \quad (15.3)$$

حيث  $I$  شدة التيار،  $q$  الشحنة،  $t$  الزمن.

#### مثال 15.3.74 السؤال

$$q = It$$

$$= 9.8 \times 180$$

$$= 1764 C$$

إذا كان التيار المنزلي الداخل إلى المنزل  $I = 9.8 A$  خلال زمن  $t = 3 \text{ min}$  فاحسب الشحنة الكهربائية الداخلة [11]؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $I = 9.8 A$  ،  $t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$

النتيجة: الشحنة الكهربائية الداخلة 1764 كولوم.

التطبيق:

## 15.4 المقاومة الكهربائية

$$R = \frac{V}{I} \quad (15.4)$$

حيث  $I$  شدة التيار،  $V$  فرق الجهد الكهربائي،  $R$  المقاومة الكهربائية.

#### مثال 15.4.75 السؤال

$$I = \frac{V}{R}$$

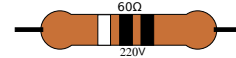
$$= \frac{220}{60}$$

$$= 3.66 A$$

مقاومة  $60 \Omega$  وفرق الجهد المؤثر عليها  $220 V$  ، احسب التيار الخارج؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $V = 220 V$  ،  $R = 60 \Omega$



النتيجة: التيار الكهربائي الخارج من المقاومة يساوي 3.66 أمبير.

التطبيق:

## 15.5 المقاومة النوعية أو المقاومة

$$R = \sigma \frac{L}{A} \quad (15.5)$$

حيث  $\sigma$  المقاومة النوعية أو المقاومة وتنطق سجما،  $L$  طول السلك الناقل،  $A$  مساحة المقطع العرضي للسلك الناقل،  $R$  المقاومة الكهربائية.



شكل 15.2: المقاومة النوعية

## مثال 15.5.76 السؤال

$$R = \sigma \frac{L}{A}$$

$$= 1.68 \times 10^{-8} \times \frac{20 \times 10^{-2}}{1.5 \times 10^{-6}}$$

$$= 22.4 \times 10^{-4} \Omega$$

النتيجة: مقاومة السلك النحاسي تساوي  $22.4 \times 10^{-4}$  أوم.

احسب مقاومة سلك من النحاس طوله  $20cm$  ومساحة مقطعة  $1.5mm^2$  والمقاومة النوعية للنحاس  $1.68 \times 10^{-8} \Omega.m$  ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $L=20cm=0.2m$  ،  $\sigma=1.68 \times 10^{-8}$

$$A=1.5mm^2 ، 10^{-8} \Omega$$

التطبيق:

## 15.6 القدرة الكهربائية والمقاومة

$$P = VI = IR^2 = \frac{V^2}{R} \quad (15.6)$$

حيث  $P$  القدرة الكهربائية،  $V$  فرق الجهد،  $I$  شدة التيار،  $R$  المقاومة الكهربائية.

## مثال 15.6.77 السؤال

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{110^2}{1000}$$

$$= 12.1 \Omega$$

النتيجة: المقاومة المجهولة تساوي  $12.1$  أوم.

إذا كان لدينا تيار متردد فرق جهده  $110V$  يمر بمقاومة مجهولة معطيا قدرة مقدارها  $1000W$ ، احسب المقاومة المستخدمة ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $V=110V$  ،  $P=1000W$

التطبيق:

## 15.7 الطاقة الكهربائية أو الشغل

$$E_{\text{الطاقة}} = W_{\text{الشغل}} = P \cdot \Delta t \quad (15.7)$$

حيث  $E$  الطاقة الكهربائية،  $W$  الشغل،  $P$  القدرة،  $\Delta t$  الزمن.

## مثال 15.7.78 السؤال

$$= 1000 \times 40$$

$$= 40000 J$$

النتيجة: الطاقة الكهربائية المارة في المقاومة تساوي  $40$  كيلوجول.

احسب الطاقة الكهربائية المارة في المقاومة الموجودة في المثال السابق خلال  $40$  ثانية ؟

الحل

تعيين المعطيات:  $t=40s$

التطبيق:

$$E = P \cdot \Delta t$$

## 15.8 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$=1.68 \times 10^{-8} \times \frac{30 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-6}}$$

$$=2.52 \times 10^{-3} \Omega$$

1- احسب مقاومة سلك من النحاس طوله  $30\text{cm}$

ومساحة مقطعة  $2\text{mm}^2$  والمقاومة النوعية للنحاس  $1.68 \times 10^{-8} \Omega.m$

؟  $10^{-8} \Omega.m$

**الحل**

2- ما هي وحدة القدرة الكهربائية ؟

تعيين المعطيات:  $L=30\text{cm}$  ،  $A=2\text{mm}^2$  ،  $\sigma=$

$$1.68 \times 10^{-8} \Omega$$

التطبيق:

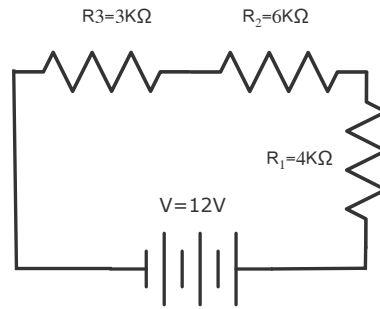
✓ W .3 N .1

V .4 A .2

$$R=\sigma \frac{L}{A}$$



## 16 التوصيل على التوالي والتوازي



- التوصيل على التوالي
- التوصيل على التوازي

مقدمة

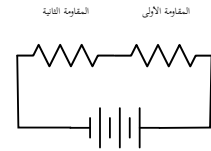
## 16.1 التوصيل على التوالي

المقاومة الكهربائية هي إعاقة المادة لمرور التيار الكهربائي (الإلكترونات) خلالها.

المقاومات على التوالي

$$R = R_1 + R_2 \Rightarrow R = \sum R_n \quad (16.1)$$

حيث  $R$  المقاومة الكلية في الدائرة،  $R_1$  المقاومة الأولى،  $R_2$  المقاومة الثانية.



شكل 16.1: على التوالي

## مثال 16.1.79 السؤال

احسب المقاومة الكلية في الدائرة التالية:

التطبيق:

$$R_{\text{كلية}} = R_1 + R_2 + R_3$$

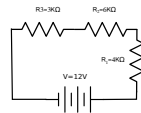
$$= 4000 + 6000 + 3000$$

$$= 13K\Omega$$

النتيجة: المقاومة الكلية في الدائرة 13 كيلو أوم.

الحل

تعيين المعطيات:



شدة التيار على التوالي

$$I = I_1 = I_2 \quad (16.2)$$

حيث  $I$  شدة التيار الكلية في الدائرة،  $I_1$  شدة التيار الأولى،  $I_2$  شدة التيار الثانية.

## مثال 16.1.80 السؤال

1- احسب التيار الكلي في الدائرة السابقة:

التطبيق:

$$I_{\text{كلي}} = \frac{E_{\text{كلي}}}{R_{\text{كلي}}}$$

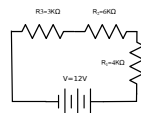
$$= \frac{12}{13000}$$

$$= 9.2 \times 10^{-4} A$$

النتيجة: التيار الكلي في الدائرة  $9.2 \times 10^{-4}$  أوم.

الحل

تعيين المعطيات:



فرق الجهد الكهربائي على التوالي فرق الجهد الكهربائي هو الطاقة اللازمة لدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب



$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \sum V_n \quad (16.3)$$

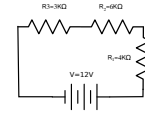
حيث  $V$  فرق الجهد الكلي في الدائرة،  $V_1$  فرق الجهد الأول،  $V_2$  فرق الجهد الثاني.

### مثال 16.1.81 السؤال

1- احسب الجهد الكهربائي على كل مقاومة في الدائرة السابقة:

**الحل**

تعيين المعطيات:



$$E_1 = 9.2 \times 10^{-4} \times 4$$

$$= 3.6 \times 10^{-3} V$$

$$E_2 = 9.2 \times 10^{-4} \times 6$$

$$= 5.5 \times 10^{-3} V$$

$$E_3 = 9.2 \times 10^{-4} \times 3$$

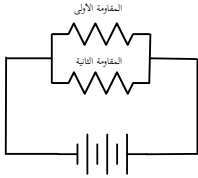
$$= 2.7 \times 10^{-3} V$$

التطبيق:

$$E = IR$$

## 16.2 التوصيل على التوازي

فرق الجهد الكهربائي على التوازي



شكل 16.2: على التوازي

$$V = V_1 = V_2 \quad (16.4)$$

حيث  $V$  فرق الجهد الكلي في الدائرة،  $V_1$  فرق الجهد الأول،  $V_2$  فرق الجهد الثاني.

المقاومات على التوازي

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \sum \left( \frac{1}{R_n} \right) \quad (16.5)$$

حيث  $R$  المقاومة الكلية في الدائرة،  $R_1$  المقاومة الأولى،  $R_2$  المقاومة الثانية.

### مثال 16.2.82 السؤال

1- مقاومتان 6 أوم و 3 أوم وصلتا على التوازي ثم وصل بين طرفيهما المشتركين فرق جهد 12 فولت، احسب المقاومة الكلية لهما؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $V=12V$  ،  $R_2=3\Omega$  ،  $R_1=6\Omega$

التطبيق:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

النتيجة: المقاومة الكلية تساوي 2 أوم.

## شدة التيار على التوازي

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = \sum I_n \quad (16.6)$$

حيث  $I$  شدة التيار الكلية في الدائرة،  $I_1$  شدة التيار الأولى،  $I_2$  شدة التيار الثانية.

## مثال 16.2.83 السؤال

2- من المثال السابق، احسب شدة التيار وشدة التيار  
المار في كل منهما؟

الحل

تعيين المعطيات:  $V=12V$  ،  $R_2=3\Omega$  ،  $R_1=6\Omega$

التطبيق: شدة التيار:

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{12}{2} = 6A$$

شدة التيار المار في كل منهما:

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$= \frac{12}{6} = 2A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$= \frac{12}{3} = 4A$$

## 16.3 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$R = \frac{10 \times 8}{10 + 8} = \frac{80}{18}$$

$$= 4.44 \Omega$$

1- مقاومتان  $10 \Omega$  و  $8 \Omega$  وصلتا على التوازي ثم وصل بين طرفيهما المشتركين فرق جهد 12 فولت، احسب المقاومة الكلية لهما؟

الحل

تعيين المعطيات:  $V = 12V$  ،  $R_2 = 8 \Omega$  ،  $R_1 = 10 \Omega$   
التطبيق: المقاومة الكلية تساوي 4.44 أوم.  
2- ما هي وحدة المقاومة الكهربائية ؟

3. فولت

1. أمبير

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

4. كولوم

2. أوم ✓

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{8}$$



## 17 النظرية النسبية

$$\frac{\text{السرعة تقترب من سرعة الضوء } V}{\text{طول الجسم } L}$$

+

-

-

+

• النظرية النسبية الخاصة

• النظرية النسبية العامة

وضعت النظرية النسبية على يد العالم الألماني - الأمريكي أينشتين عام 1905 م، وتوضح بعض الظواهر الفيزيائية بالنسبة لراصدين بينهما حركة نسبية خطية منتظمة، لقد كانت بداية النظرية الكهرومغناطيسية على يد ماكسويل في العام 1864م، والذي توصل إلى أن الموجة الكهرومغناطيسية تتكون من مجالين كهربائي ( $E$ ) ومغناطيسي ( $H$ ) متعامدين [5] ويمثلان بالمعادلتين التفاضليتين:

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} \quad \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} \quad (17.1)$$

حيث سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ  $c=1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$ ، و معامل النفاذية المغناطيسية في الفراغ  $\mu_0=4\pi \times 10^{-7} N/A^2$  والنفاذية الكهربائية في الفراغ  $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12} F/m$ .

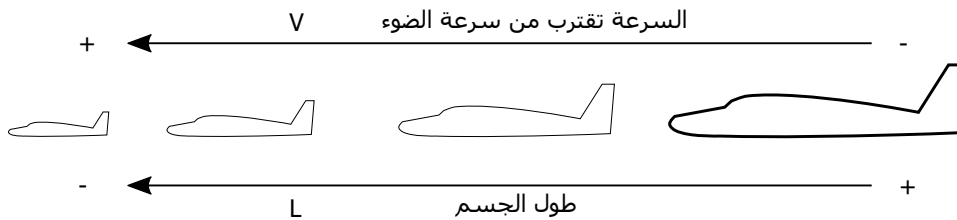
### 17.0.0.1 النظرية النسبية الخاصة

وهي مبنية على فرضيتين:

1. سرعة الضوء في الفراغ لها نفس القيمة في جميع المجموعات الاحداثية المتحركة بالنسبة لبعضها بسرعة منتظمة.

2. القوانين الطبيعية واحدة في جميع المجموعات الاحداثية المتحركة بسرعة منتظمة بالنسبة لبعضها. [3]

**الطول في النسبية** يقل الطول أو ينكمش الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

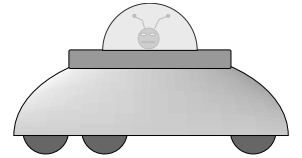


شكل 17.1: الطول في النسبية

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (17.2)$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (\text{لورنتز معامل})$$

حيث  $L$  الطول المشاهد،  $L_0$  الطول الحقيقي،  $v$  سرعة الجسم،  $c$  سرعة الضوء.



شكل 17.2: مركبة فضائية

### مثال 17.0.84 السؤال

$$\begin{aligned} L &= L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 5 \times \sqrt{1 - \frac{(2.5 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}} \\ &= 2.7639m \end{aligned}$$

مركبة فضائية طولها في حالة السكون  $L_0=5m$  وكتلتها  $m_0=1000kg$  احسب طولها عندما تسير بسرعة  $v=2.5 \times 10^8 m/s$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $m_0=1000Kg$  ،  $L_0=5m$  ،  $v=2.5 \times 10^8 m/s$

النتيجة: طول المركبة الفضائية بالنسبة للراصد 2.76 متر.

التطبيق:

**الزمن في النسبية** يتباطأ الزمن أو يتمدد بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (17.3)$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (\text{لورنتز معامل})$$

حيث  $\Delta t'$  التغير في الزمن النسبي،  $\Delta t$  التغير في الزمن عند السكون،  $v$  سرعة الجسم،  $c$  سرعة الضوء.

**الكتلة في النسبية** تزداد كتلة الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (17.4)$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (\text{لورنتز معامل})$$

حيث  $\Delta t'$  التغير في الزمن النسبي،  $\Delta t$  التغير في الزمن عند السكون،  $v$  سرعة الجسم،  $c$  سرعة الضوء.

#### مثال 17.0.85 السؤال

من المثال السابق احسب كتلة المركبة عند نفس السرعة؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $V =$  ،  $m_0 = 1000 \text{ Kg}$  ،  $L_0 = 5 \text{ m}$  ،  $2.5 \times 10^8 \text{ m/s}$

التطبيق:

$$= \frac{1000}{\sqrt{1 - \frac{(2.5 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$$

$$= 1809.0681 \text{ kg}$$

النتيجة: كتلة المركبة عند هذه السرعة 1809.06 كيلوجرام.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

**تكافؤ الكتلة والطاقة** توصل العالم ليبديف في عام 1894م إلى أن الموجات الكهرومغناطيسية تملك كمية حركة خطية في اتجاه انتشارها، وتساوي  $E/c$  ، وجاء اينشتين من بعده وبنى على ذلك قانونه الشهير الذي يربط بين الطاقة والكتلة، الذي استنتجه من تجربة الصندوق التخيلي المشهورة.

$$E = mc^2 \quad (17.5)$$

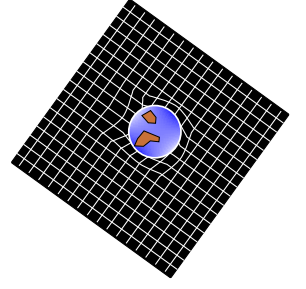
حيث  $E$  الطاقة،  $m$  كتلة الجسم،  $c$  سرعة الضوء.

#### 17.0.0.2 النظرية النسبية العامة

وهي مبنية على مبدأين:

1. مبدأ التكافؤ: وينص على عمومية السقوط الحر أي أن جميع الاجسام تسقط بنفس المعدل في مجال الجاذبية بغض النظر عن كتلتها وتركيباتها المادية.
2. مبدأ التوافق: أن القوانين الفيزيائية يجب أن تتوافق، أي أنها لا تتغير أو تتعارض مع تغير نوع الاحداثيات الزمانية والمكانية المستخدمة، ويتحقق ذلك باستخدام الممددات. [3]

ويرى أينشتاين في نظريته النسبية العامة أن حركة الكواكب في مدارات دائرية مثل كواكب المجموعة الشمسية ناتجة عن انحناء الزمكان.



شكل 17.3: انحناء الزمكان



## 17.1 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- مركبة فضائية طولها في حالة السكون  $L_0 = 35m$  وكتلتها

$m_0 = 5000kg$ ، احسب طولها ثم كتلتها عندما تسير

بسرعة  $v = 2.7 \times 10^8 m/s$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $L_0 = 35m$  ،  $m_0 = 5000kg$  ،  $v =$

$2.7 \times 10^8 m/s$

التطبيق:

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= 35 \times \sqrt{1 - \frac{(2.7 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$$

$$= 15.2561m$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m = \frac{5000}{\sqrt{1 - \frac{(2.7 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$$

$$= 11470.7867kg$$

2- احسب طاقة الكتلة الساكنة للإلكترون، حيث كتلة

الإلكترون  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}kg$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}kg$

التطبيق:

$$E = mc^2$$

$$= 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 8.19 \times 10^{-14} J$$

3- ما هي وحدة الكتلة النسبية ؟

1.  $kg$  ✓ 3.  $m$

2.  $N/m$  4.  $N$

4- سرعة الضوء في الفراغ، بمرور الوقت ؟

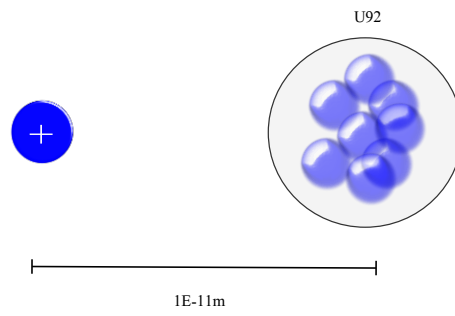
1. تزيد 3. تبقى ثابتة ✓

2. تقل 4. أحيانا تقل وأحيانا

تزيد



## 18 الفيزياء الذرية



- الكتلة الذرية
- نصف العمر النشط
- قانون الطاقة لاينشتاين

مقدمة

## 18.0.0.1 وحدات الكتلة الذرية

وحدة الطاقة الذرية

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} J \quad (18.1)$$

وحدة الكتلة الذرية

$$1u = 1.66 \times 10^{-27} kg = 931.494 MeV \quad (18.2)$$

كتلة البروتون  $1.00728u$ كتلة النيوترون  $1.00866u$ كتلة جسيم الفا (2بروتون+2نيوترون)  $4.00153u$ 

حجم النواة

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}} \quad (18.3)$$

حيث  $r$  نصف قطر النواة،  $r_0$  ثابت يساوي  $1.2 fm = 1.2 \times 10^{-15} m$ ،  $A$  العدد الكتلي.

## مثال 18.0.86 السؤال

احسب نصف قطر ذرة الكربون  $^{12}_6C$  ؟ [7]

الحل

تعيين المعطيات:  $r_0 = 1.2 \times 10^{-15}$  ،  $A = 12$ 

التطبيق:

$$= 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{12}$$

$$= 2.747 \times 10^{-15} m$$

النتيجة: نصف قطر ذرة الكربون يساوي  $2.747 \times 10^{-15}$ 

متر.

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}}$$

طاقة الالكترون

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad (18.4)$$

حيث  $n$  عدد الكم الرئيسي.

## مثال 18.0.87 السؤال

احسب طاقة الكترون ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات:  $E_1 = 13.6 eV$  ،  $n = 1$ 

التطبيق:

$$= \frac{-13.6}{1^2}$$

$$= 13.6 eV$$

النتيجة: طاقة الكترون ذرة الهيدروجين تساوي 13.6 الكترون فولت.

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

## 18.0.0.2 معادلة ريندرفورد لتناثر الجسيمات

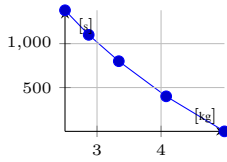
ويستخدم لحساب جسيمات الفا المتناثرة من نواة عنصر مشع.

$$N_{\theta} = \frac{N_i n L Z^2 K^2 e^4}{4r^2 K E^2 \sin^4(\theta/2)} \quad (18.5)$$

## 18.0.0.3 معادلة عمر النصف النشط

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}} = N_0 e^{\frac{-0.693t}{T_{1/2}}} \quad (18.6)$$

حيث  $N$  الكتلة النشطة،  $N_0$  الكتلة الأصلية،  $T_{1/2}$  عمر النصف النشط،  $t$  الزمن الذي مضى.



شكل 18.1: عمر النصف

## مثال 18.0.88 السؤال

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$= 5 \times 2^{\left(\frac{-20 \times 60}{23 \times 60}\right)}$$

$$= 2.7366 \text{ kg}$$

حسب الكتلة النشطة المتبقية من  $5 \text{ kg}$  من اليورانيوم  $U-239$  بعد مرور  $20 \text{ min}$  حيث عمر النصف له  $23 \text{ min}$  ؟

**الحل**

تعيين المعطيات:  $N_0 = 5 \text{ Kg}$  ،  $t = 20 \text{ min} = 1200 \text{ s}$  ،

$$T_{1/2} = 23 \text{ min} = 1380 \text{ s}$$

النتيجة: الكتلة النشطة المتبقية تساوي  $2.7366$  كيلوجرام.

التطبيق:

## 18.0.0.4 قانون الطاقة لاينشتاين

$$E = mc^2 \quad (18.7)$$

حيث  $E$  الطاقة الناتجة،  $m$  الكتلة،  $c$  سرعة الضوء.

## 18.1 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$=4 \times 2^{\left(\frac{-40 \times 60}{23 \times 60}\right)}$$

$$=1.1982kg$$

1- احسب الكتلة النشطة المتبقية من  $4kg$  من اليورانيوم  $U-239$  بعد مرور  $40min$  حيث عمر النصف له  $23min$  ؟

الحل

2- كم جولا تساوي وحدة الطاقة الذرية ؟

تعيين المعطيات:  $N_0=4Kg$  ،  $t=40min=2400s$  ،

$$T_{1/2}=1380min=1380s$$

التطبيق:

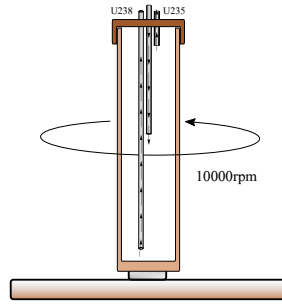
$$1.6 \times 10^{-9} \quad .3 \quad 1.6 \times 10^{-19} \quad .1$$

✓

$$6.1 \times 10^{-9} \quad .4 \quad 6.1 \times 10^{-19} \quad .2$$

$$N=N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

## 19 المفاعلات النووية



- المواد المشعة
- تخصيب اليورانيوم
- المفاعلات الذرية

مقدمة

## 19.0.1 الذرة

قبل أن نبدأ في الحديث عن المفاعلات الذرية، يحسن بنا أن نستذكر بعض المعلومات الأساسية التي سبق وأن درسناها أو قرأناها، مثل الذرة وتركيبها.

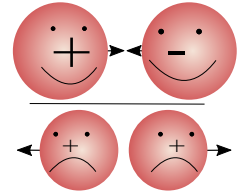
الذرة تتكون من نواة والكروونات تدور حولها، النواة موجبة الشحنة لاحتوائها على البروتونات الموجبة (+)، أما النيوترونات (-) فهي متعادلة الشحنة. الإلكترونات سالبة الشحنة وتوجد خارج النواة. البروتونات والنيوترونات متساوية تقريبا في الكتلة، بينما الإلكترونات أصغر منهما بكثير.

الشحنات المختلفة تتجاذب، والشحنات المتشابهة تتنافر، لكن ما الذي يجعل البروتونات متجاورة داخل النواة إذا كانت متنافرة، فجميع البروتونات موجبة ومتشابهة في الشحنة؟!

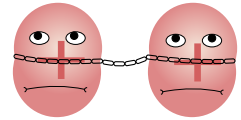
يوجد بين البروتونات طاقة ربط نووية تمنعهم من الابتعاد عن بعضهم، وتتغلب هذه القوة على قوة التنافر بينهم، ورغم كبرها إلا أن تأثيرها لا يتعدى  $4 \times 10^{-15} m$ ، ويمكن حسابها بالقانون:

$$B_E = [(Zm_p + Nm_n) - M_x] \times 0.931 \quad (19.1)$$

حيث B طاقة الربط، Z عدد البروتونات، N عدد النيوترونات،  $m_p$  و  $m_n$  كتلي البروتون والنيوترون،  $M_x$  كتلة النواة، ووحدة الطاقة الإلكترون فولت.



شكل 19.1: الشحنات



شكل 19.2: طاقة الربط

الرمز	الكتلة	الشحنة
p	$1.672621637 \times 10^{-27} kg$	$1.602176487 \times 10^{-19} C$
n	$1.67492729 \times 10^{-27} kg$	0

جدول 19.1: النيوكليونات

عند كسر قوة الربط النووية بين النيوكليونات<sup>1</sup>، تخرج طاقة ضخمة نشاهدها في الانفجارات النووية، وهذه الطاقة هي الكنز الذي تبني من أجله المفاعلات الذرية. لكن كيف نكسر هذه الروابط وهي قوية جداً؟!، في الحقيقة أن علماء الفيزياء يستعينون بصديق لكسر هذه الروابط، إن هذا الصديق هو قوة التنافر بين البروتونات، فهذا التنافر يزداد بزيادة عدد البروتونات (العدد الذري) داخل النواة. وعندما يصل العدد إلى مقدار معين، يصبح التنافر شديداً إلى درجة أن النيوكليونات تبدأ بالتفكك من النواة، وتسمى المادة في هذه الحالة بالعنصر المشع، مثل اليورانيوم والبلوتونيوم. إن انفلات النيوكليونات من النواة في العناصر المشعة يكون بمعدل ثابت، حسب قانون عمر النصف الذي سبق شرحه في الفصل السابق، إن معدل التحلل قد يكون سريعاً في بعض العناصر وبعضها بطيء جداً.

\* طرفة علمية  
أقوى قوة ربط نووية في الطبيعة توجد في نواة عنصر الحديد.

## 19.0.2 المواد المستخدمة في المفاعلات الذرية

الماء الثقيل  $D_2O$  هو مادة تشبه الماء العادي إلا أنها تختلف عنه في عدة أشياء:

الماء الثقيل	الماء العادي
$D_2O$	$H_2O$
يحتوي ذرتي ديتيريوم	يحتوي ذرتي هيدروجين
درجة تجمده 3 مئوي	درجة تجمده 0 مئوي
درجة غليانه 101 مئوي	درجة غليانه 100 مئوي
يتواجد في البحار والمحيطات	يتواجد في كل مكان
لا يصلح للشرب	يصلح للشرب
لا يصلح للزراعة	يصلح للزراعة

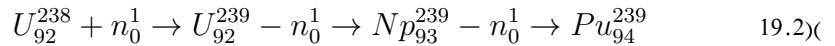
جدول 19.2: الماء الثقيل

\* هدف وجداني

**البلوتونيوم** هو عنصر يوجد كمنتج ثانوي في مفاعلات اليورانيوم، فبعد استهلاك طاقة الوقود النووي يتم استبداله بوقود جديد، وتجرى عمليات كيميائية للوقود المستهلك لاستخراج مادة البلوتونيوم، والتي تستخدم بالدرجة الأولى في صنع القنابل الذرية، لكن يستخدم أيضاً كوقود لبعض المفاعلات النووية، وينتج البلوتونيوم من اليورانيوم وفق التفاعل التالي:

<sup>1</sup> النيوكلون هو البروتون أو النيوترون.





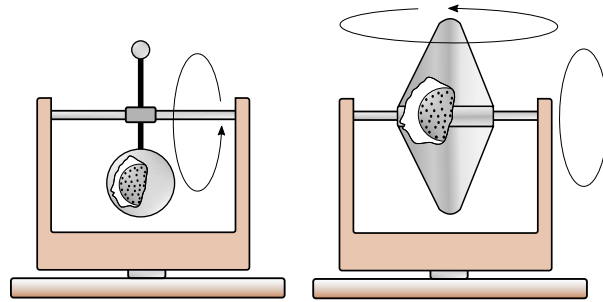
فيتحول اليورانيوم 238 إلى يورانيوم 239 بعد اصطدام النيوترون بنواته، ثم يحدث تحليل بيتا لنواته وتفقد نيوترون وتكتسب بروتون فيصبح عنصر النيوبيوم، ثم يحدث تحليل بيتا فيتحول النيوبيوم إلى بلوتونيوم.

**اليورانيوم** لقد وجد العلماء أن اليورانيوم من أفضل العناصر التي يمكن استخدامها في المفاعلات النووية، لكن من أين نحصل على اليورانيوم؟ وكيف نستخدمه؟

اليورانيوم  $U_{92}^{238}$  هو العنصر المشع المستخدم في غالبية المفاعلات النووية، ويتميز بأنه العنصر المشع الأكثر توفراً في الطبيعة، ويوجد عادة في صخر البتشبيلند (اليورانيينيت)، وقد تم استخراج اليورانيوم منه على يد العالم الألماني يوهانجورجنستات عام 1789م، ويتكون اليورانيوم بعد استخلاصه من نوعين من اليورانيوم  $U_{238}$  ونسبته 99.284% وهو نوع رديء النوع الثاني  $U_{235}$  ونسبته 0.711% وهو النوع الممتاز لكن نسبته منخفضة جداً، ولهذا حاول العلماء فرز النوعين واستخراج النوع الممتاز  $U_{235}$  حيث تعطي نواة ذرة اليورانيوم  $U_{235}$  عند انشطارتها  $200MeV$ ، إلا أن المشكلة التي واجهتهم هي تشابه الإثنين في اللون والشكل، والتفاعلات الكيميائية، ولهذا كان الفصل الكيميائي مستحيل، لذا لجأوا للطرق الفيزيائية، ولم ينجحوا في فرزهما تماماً، وإنما استطاعوا تقليل نسبة اليورانيوم الرديء، ورفع نسبة اليورانيوم الممتاز، ولهذا سمو العملية بالتخصيب وليس الفرز.

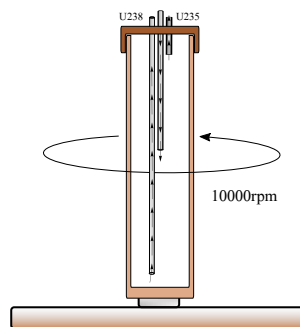
### 19.0.3 تخصيب اليورانيوم

طرق تخصيب اليورانيوم (الفرز) من الأقدم للأحدث:



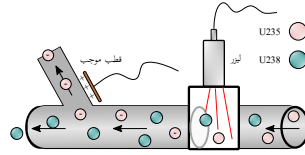
شكل 19.3: التخصيب بالانتشار

1- طريقة الانتشار: هي الطريقة الأقدم وتعمل على فكرة تطبيق قانون جراهام، ونجحت هذه الطريقة لكن ليس بنسبة عالية. قانون جراهام ينص على أن معدل تدفق الغازات يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات  $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ ، أي أننا إذا بخرنا سداسي فلوريد اليورانيوم عند درجة  $56.54^\circ C$ ، ومررنا الغاز من خلال جدار مسامي فإن تدفق الغاز  $U_{235}$  (ذو الكتلة المولية الأصغر  $235.0439g$ ) أكبر من تدفق اليورانيوم الآخر (ذو الكتلة المولية الأكبر  $238.0289g$ )، فإذا جمعنا الغاز الخارج من المسامات وكثفناه، فإننا نحصل على يورانيوم يحتوي على  $U_{235}$  بتركيز أعلى، وإذا كررنا العملية مرات ومرات، سنحصل تركيز اليورانيوم  $U_{235}$  يصل إلى الحد اللازم لتشغيل المفاعل النووي.



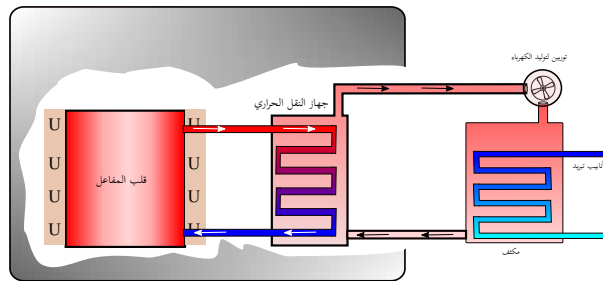
شكل 19.4: التخصيب بالطرد المركزي

2- طريقة الطرد المركزي: وهي طريقة تعتمد على الكثافة، فحين نضع الزيت والماء معا في إناء، يطفو الزيت على الماء، لأن كثافة الزيت أقل من كثافة الماء. يتم تمرير غاز سداسي فلوريد اليورانيوم إلى اسطوانة عمودية تدور حول محورها بسرعة بين  $10000-20000\text{r/min}$ ، فينفصل اليورانيوم  $U_{235}$  ويصعد لأعلى الاسطوانة لأنه الأخف، ويخرج من أنبوب في أعلى الاسطوانة، وينزل اليورانيوم  $U_{238}$  لأنه الأثقل ويخرج من أنبوب في أسفل الاسطوانة. لكن لأن نسبة اليورانيوم  $U_{235}$  منخفضة جدا، يخرج معه بعض من اليورانيوم  $U_{238}$ ، ولهذا يمرر الغاز الخارج من الأنبوب العلوي إلى جهاز آخر للتخلص من اليورانيوم  $U_{238}$  ثم جهاز ثالث ورابع، وقد يصل الصف الواحد إلى 100 جهاز طرد مركزي، إلى أن تصل نسبة اليورانيوم  $U_{235}$  للحد المطلوب.



شكل 19.5: التخصيب بالتأين بالليزر

3- طريقة التأين بالليزر: وتقوم فكرة هذه الطريقة على أن الأيونات السالبة أو الموجبة تنجذب للأقطاب الكهربائية المخالفة لها في الشحنة، فيتم تسليط شعاع ليزر بتردد معين على بخار خليط اليورانيوم، بحيث يؤدي هذا التردد إلى تأين أحد نوعي اليورانيوم، ثم يوضع أنبوب فرعي متفرع من الأنبوب الرئيسي، ويوضع خارج الأنبوب الفرعي قطب كهربائي مخالف لشحنة أيون اليورانيوم، وهذا سيجعل النوع المتأين يندفع إلى الأنبوب الفرعي، بينما يستمر النوع الآخر في الأنبوب الرئيسي، وبهذا يفصل النوعين عن بعضهما، وهي أدق وأحدث طريقة لكن لا توجد عنها معلومات تفصيلية منشورة. بعد تخصيب اليورانيوم برفع نسبة اليورانيوم  $U_{235}$  في الخليط من 0.7% إلى 4% على الأقل للمفاعلات الذرية و 15% على الأقل للقنابل الذرية، يتم تشكيل اليورانيوم على شكل اسطوانات صغيرة (U)، وتختلف كتلة اليورانيوم اللازمة للمفاعل باختلاف حجمه ونسبة التخصيب، فكلما زادت نسبة التخصيب قلت الكتلة المطلوبة، فعلى سبيل المثال الكتلة الحرجة للقنبلة النووية التي تحتوي يورانيوم بتخصيب 15% هي 600kg بينما نسبة التخصيب 95% تخفض الكتلة الحرجة إلى 20kg تقريبا.



شكل 19.6: المحطة النووي

#### 19.0.4 المحطة النووية

محطة الطاقة النووية تتكون من مفاعل نووي أو أكثر، ويتم توليد الكهرباء فيها باستخدام الحرارة الناتجة من المادة المشعة داخل المفاعل، وفي الغالب تستخدم مادة اليورانيوم، تتكون المحطة النووية عادة من جزئين رئيسيين:

##### 1- المفاعل النووي

وهو المبنى الذي يحتوي:

##### قلب المفاعل

وهو خزان يحتوي على مادة ناقلة للحرارة، مثل الماء الثقيل، أو الصوديوم أو ..، وتوضع المادة المشعة في المفاعل على شكل أنابيب معدنية مصنوعة من مادة الزركونيوم<sup>2</sup>، ويملا كل أنبوب باليورانيوم، ثم تدخل الأنابيب في قلب المفاعل، المفاعلات المتوسطة تحتوي 30 - 100 طن يورانيوم، وتستبدل خلال سنتين تقريبا، وهذا يتوقف على مستوى تخصيب اليورانيوم المستخدم، وعلى كثافة تشغيل المفاعل.

<sup>2</sup>لأنه لا ينصهر إلا عند 1855 درجة مئوية، ولا يتفاعل مع النيوترونات.

### جهاز النقل الحراري

وهو جهاز مكون من خزان تخترقه انابيب تنقل سائل قلب المفاعل في حركة تردديه، وتقوم هذه الأنابيب بتسخين المادة الموجودة في خزان النقل الحراري دون أن تلامسها (لمنع الاشعاع)، ثم يدفع السائل الساخن في الخزان إلى محطة توليد الكهرباء. وفائدة جهاز النقل الحراري هي نقل الحرارة من قلب المفاعل إلى محطة توليد الكهرباء بدون إشعاع.

### 2- محطة توليد الكهرباء

وتتكون من خزان ماء تخترقه انابيب تحتوي على مادة ساخنة جدا، قادمة من المفاعل، وتعود إليه في حركة مستمرة، لجعل الماء في حالة غليان مستمر، ويخرج من هذه الخزان انبوب يحمل البخار المضغوط إلى توربين مولد الكهرباء، فتتحرك زعانفه منتجة الكهرباء.

## 19.0.5 أنواع المفاعلات الذرية

لا يوجد تقسيم واحد لأنواع المفاعلات النووية، فالبعض يقسمها حسب الغرض منها، إلى مفاعلات أبحاث ومفاعلات إنتاج الطاقة، والبعض يصنفها حسب نوع المادة المبردة، مثل مفاعل الماء العادي، ومفاعل الماء الثقيل، ومفاعل الرصاص، ومفاعل الصوديوم، كما قد تصنف حسب الحجم إلى صغيرة ومتوسطة وكبيرة. لكن الاتجاه الآن يميل لإنتاج قلوب مفاعل مصغرة تسمى بطاريات نووية، وتأتي جاهزة من المصنع وبعضها يكون صغير وبحجم الثلاجة مثل مفاعلات الرصاص، وتعمل على مبدأ ركب شغل وافصل ادفن.

## 19.0.6 النفايات النووية

للمواد المشعة أضرار خطيرة على الكائنات الحية، من الموت، إلى تشوه الأجنة، إلى الطفرات الجينية، لهذا يتم التعامل بحذر مع النفايات النووية (اليورانيوم المستهلك)، فيتم أولاً إجراء بعض العمليات الكيميائية عليه، لاستخلاص البلوتونيوم لإنتاج القنابل النووية، أو إعادة استخدامه كوقود نووي في المفاعل، ثم يتم خلط اليورانيوم المستهلك بالزجاج المنصهر، وصبه في قوالب معدنية أو إسمنتية، بعدها توضع في موقع التخزين الذي يكون عادة تحت الأرض.

## 19.1 التدريبات

## التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$E=200 \times 10^6 \text{ eV} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

1- توضع المادة المشعة داخل المفاعل في أنابيب مصنوعة من:

$$=32 \times 10^{-12} \text{ J}$$

1. الحديد 3. النحاس

طاقة الخرج 25%

2. الزركونيوم ✓ 4. الفضة

$$=32 \times 10^{-12} \times 0.25 = 8 \times 10^{-12} \text{ J}$$

2- المادة المشعة الأكثر استخداما في المفاعلات

عدد الانشطارات (الأنوية) المطلوبة في الثانية واليوم (اليوم الذرية):  
86400 ثانية

1. الفرانسيوم 3. البلوتونيوم

2. الراديوم ✓ 4. اليورانيوم

$$= \frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الخرج}}$$

$$= \frac{500 \times 10^6}{8 \times 10^{-12}} = 62.5 \times 10^{18} / s$$

3- اليورانيوم المستخرج من الأرض يحتوي على  $U^{235}$

بنسبة أكبر من  $U^{238}$ :

$$= 62.5 \times 10^{18} \times 86400$$

1. صح 2. خطأ ✓

$$= 54 \times 10^{23} / \text{day}$$

4- إن معدل تدفق الغازات من غشاء مسامي يتناسب

طرديا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات:

$$= \frac{\text{عدد الانشطارات}}{\text{عدد ألواحادرو}} \times \text{عدد الكتلة}$$

1. صح 2. خطأ ✓

$$= \frac{54 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{26}} \times 235$$

5- احسب كمية اليورانيوم  $U^{235}$  التي يستهلكها

مفاعل ذري قدرته  $500 \times 10^6 \text{ W}$  وكفاءته 25% ؟

$$= 39.03 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

الحل

تعيين المعطيات:  $E_{U^{235}} = 200 \text{ MeV}$

التطبيق: طاقة انشطار ذرة  $U^{235}$  بالجول

كتلة اليورانيوم المستهلكة منخفضة لأننا افترضنا كفاءة تشغيل عالية.

## 20 ملحقات

20.0.1 الجدول الدوري للعناصر

(Mendeleev's) Periodic Table of Chemical Elements via TikZ

18 VIIA

24.0025He

17 VIIA

18.998F

16 VIA

15.999O

15 VA

14.007N

14 IVA

12.011C

13 IIIA

10.811B

12 IIB

65.39Zn

11 IB

63.546Cu

10 VIIIB

58.693Ni

9 VIIIB

58.933Co

8 VIIIB

55.845Fe

7 VIIB

54.938Mn

6 VIB

51.996Cr

5 VB

50.942V

4 IVB

47.867Ti

3 IIIB

44.956Sc

2 IIA

9.0122Be

1 IA

1.0079H

18 VIIA

20.180Ne

17 VIIA

35.453F

16 VIA

16.998O

15 VA

14.007N

14 IVA

12.011C

13 IIIA

10.811B

12 IIB

112.41Cd

11 IB

107.87Ag

10 VIIIB

106.42Pd

9 VIIIB

102.91Rh

8 VIIIB

101.07Ru

7 VIIB

96Tc

6 VIB

95.94Mo

5 VB

92.906Nb

4 IVB

91.224Zr

3 IIIB

88.906Y

2 IIA

87.62Sr

1 IA

85.468Rb

18 VIIA

210Xe

17 VIIA

210At

16 VIA

209Po

15 VA

208.98Bi

14 IVA

207.2Pb

13 IIIA

204.38Tl

12 IIB

200.59Hg

11 IB

196.97Au

10 VIIIB

195.08Pt

9 VIIIB

192.22Ir

8 VIIIB

190.23Os

7 VIIB

186.21Re

6 VIB

183.84W

5 VB

180.95Ta

4 IVB

178.49Hf

3 IIIB

173.04Lu

2 IIA

137.33Ba

1 IA

132.91Cs

18 VIIA

222Rn

17 VIIA

223Fr

16 VIA

226Ra

15 VA

227Ac

14 IVA

228Th

13 IIIA

232.04Pa

12 IIB

238.03U

11 IB

238.03Np

10 VIIIB

237Pu

9 VIIIB

243Am

8 VIIIB

244Cm

7 VIIB

247Bk

6 VIB

247Cf

5 VB

252Es

4 IVB

257Fm

3 IIIB

258Md

2 IIA

259No

1 IA

262Lr

## 20.1 بايثون للفيزيائيين

بايثون هي لغة برمجة عالية المستوى تستخدم على نطاق واسع من قبل علماء الفيزياء في العالم، نظرا لقوتها وسهولتها بالنسبة للغة سي وجافا، ويستخدمها العلماء لاجراء الحسابات المتنوعة وحل المسائل المعقدة، وحفظ واسترجاع البيانات، وتتميز بأنها مدعومة على جميع أنظمة التشغيل، بالإضافة إلى احتوائها حزمة math للتعامل مع جميع الحسابات الرياضية تقريبا.

وتستخدم في التعامل مع الروبوتات، وبناء البرامج البسيطة وكذلك المعقدة، وينصح الفيزيائيين بتعلم أساسياتها، ولهذا تستخدم في ناسا وكثير من مراكز الابحاث، لكن لا ينصح بالتركيز عليها وحدها للطالب الذي يرغب التخصص في البرمجة لأن شركات البرمجة تبحث عن المتخصصين في الجافا و ++C ، أما بقية اللغات فيعتبرونها نقاط قوة لكن ليست اساسية، لكن هذا لا يعني أنها ضعيفة، انها قوية لكنها ليست الأولى.

لأهمية البايثون للفيزيائيين، تم إضافة هذا الملحق لشرح بعض الأمور الأساسية في البايثون، والتي تساعد الفيزيائي على حل بعض المسائل، إن الانترنت تحتوي على عدد كبير من الكتب المجانية التي تعلم البايثون وبعضها باللغة العربية، لكن تذكر دائما أن قيامك بحل المسائل بشكل يدوي يرسخ وينمي إتقانك لحل المسائل الفيزيائية، لا تقم ابدا بالاعتماد الكلي على الحاسب الحالي في حل المسائل، لأنك ستفقد مهاراتك بالدريج وربما تصل لنسيان القوانين، لكن استخدم البايثون عندما يكون وقتك ضيقا، أو تحتاج لتطبيق قانون معين على عدد كبير من الحالات، واخيرا للرسوم البيانية المعقدة.

### تركيب البايثون

يمكن تركيب البايثون من موقعها python.org ويفضل بشدة تركيب الاصدار الاخير من بايثون 3 وليس بايثون 2 القديمة. لكتابة أكواد البايثون نحتاج لمحرر، توجد الكثير من برامج التحرير المجانية، لكن اشهرها pycharm ويستخدمه أكثر من 50% من مبرمجي بايثون (لبرامج الهاتف أو الاجهزة التي تحتوي شاشات لمس ينصح بتركيب برنامج kivy ايضا فهو يسهل عملية صنع واجهة البرامج ودعم شاشات اللمس) ، وتوجد محررات أخرى.

من أهم أنواع المتغيرات في بايثون

- الاعداد الحقيقية float وهي الاعداد التي بها فواصل عشرية أو اسس مثل 3.14 أو  $3.2 \times 10^{-12}$ .

- الاعداد الصحيحة int هي الاعداد التي لا تحتوي على فواصل عشرية مثل 1013 أو 8 .

- النصوص str هي النصوص.

والفاصلة تكتب دائما نقطة (9.8) وليس (9,8).

```
ret nikt tropmi
```

```
2 = m
```

```
8.9 = a
```

```
a * m = F
```

ولطباعة القيم:

```
* tropmi htam morf
```

```
(m) tnirp
```

```
(a) tnirp
```

```
(F) tnirp
```

```
( "netweN", F, " = ecrof eht ") tnirp
```

لجعل العملية متقدمة أكثر يمكننا فتح نافذة صغيرة نكتب فيها المعطيات:

```
* tropmi htam morf
```

```
(( "reh m etirw ") tupni) taolf = m
```

```
(( "reh a tupni ") tupni) taolf = a
```

```
a * m = F
```

```
(F, " = ecroF ") tnirp
```

في المثال السابق استخدمنا input للطلب من المستخدم كتابة الكتلة، وغلفناه ب float لكي يتم تحويل اي رقم يكتب إلى عدد حقيقي قابل للاستخدام.

العمليات الحسابية

العمليات الحسابية تكتب بالطريقة العادية في الجمع والطرح والضرب والقسمة:

```
* tropmi htam morf
```

```
b + a
```

$$b - a$$

$$b * a$$

$$b / a$$

الشيء المختلف هو إشارة // وتعني ناتج القسمة بدون باق (حذف الباقي)، وكذلك % وتعني الباقي فقط، والأس يكتب \*\*، ويجب أن لا نخلط بين إشارة يساوي == وإشارة القيمة = التي تساوي بين المتغير وقيمه.

$$* \text{ morf htam tropmi}$$

$$2 // 9 = a$$

$$2 \% 9 = b$$

$$2 ** 4 = c$$

$$(c, b, a) \text{ tnirp}$$

ستكون قيمة  $a=4$  بينما  $b=1$  وقيمة  $c=16$ .

كتابة المعادلات:

قانون نيوتن الثاني  $F=ma$  يكتب هكذا  $F=m*a$

قانون الحركة الخطية  $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$  يكتب هكذا  $x=v_0*t+0.5*a*t**2$

يمكن للتسهيل، أن نكتب المساواة بين أكثر من قيمة في سطر واحد مثل:

$$* \text{ tropmi htam morf}$$

$$9, 2, 3 = c, b, a$$

وتعني  $a=3$  و  $b=2$  و  $c=9$ .

بعض العمليات الرياضية الأخرى:

tan	log
asin	10log
sinh	exp
sqrt	sin
pi	cos

إنشاء دالة لحل مسألة حسابية

لماذا ننشئ دالة لحل معادلة؟! بينما الآلات الحاسبة متوفرة، اليدوية منها والمدمجة في الهواتف أو الحواسيب، ببساطة للحفاظ على الوقت، فبعض المعادلات طويلة، وبعض المسائل تتطلب التعويض في عدة قوانين إلى أن نصل للحل النهائي، تخيل أن طالبا أو باحثا يكرر تجربة في المختبر، وتتطلب نتائج التجربة التعويض في قانون معين كل مرة. إن التعويض في قانون بسيط مثل  $F=ma$  ربما لن يشكل مشكلة كبيرة، ولكن ماذا إذا كنا نريد التعويض في قانون طويل مثل قانون حساب الضغط:

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{L \cdot h}{T_0}\right)^{\frac{g \cdot M}{R \cdot L}}$$

لنبدأ بإنشاء دالة صغيرة ثم دالة أعقد، لنفرض أننا نريد إنشاء دالة لحساب قانون نيوتن:

$$: (a, m) f \text{ fed}$$

$$(a * m) \text{ tnirp}$$

$$(4, 3) f$$

الدالة تبدأ دائما بثلاثة حروف هي def ويليه مسافة ثم اسم الدالة (أي اسم نختاره)، ويفضل أن يكون للاسم ارتباط بما نريد، لكي يسهل علينا مراجعة الكود، في المثال السابق اخترنا f لأنني سنحسب القوة، بين القوسين نضع رموز المتغيرات، لكن لا نكتب رموز الثوابت كنسارع الجاذبية الأرضية، وبعدها رمز النقطتين الرأسية (:) ثم ننقر على زر الإدخال enter، وسنلاحظ أن السطر الجديد لم يبدأ من أول السطر، وإنما بعد أربعة مسافات من السطر الذي قبله، ثم نكتب print أي أظهر على الشاشة (وليس اطبع بالطابعة)، ونكتب قوسين بينهما المعادلة، أخيرا لكي نحسب القوة في مسألة ما، نكتب f(3,4) ونستبدل 3 بالكتلة و 4 بالتسارع المعطى في السؤال.

كيف نكتب معادلة بها 3 متغيرات ؟ ، بنفس الطريقة السابقة، لكن نضيف رمز المتغير الثالث داخل اسم الدالة، مثال قانون الحركة الأول:



```
fv fed : ( t , a , 0v )
tnirp ( t * a + 0v )
```

```
fv ( 0 2 , 5 , 2 )
```

كتابة الجذر في معادلة يحتاج استيراد math والعملية سهلة:

```
htam tropmi : ( h ) gv fed
18.9 = g
tnirp ( ( h * g * 2 ) trqs . htam % " f 2. % " )
gv ( 9 9 )
```

الجديد في المثال السابق هو استخدام الجذر sqrt والأمر "%2f" يعني إذا كان الناتج به فاصلة، إعرض أول خانيتين فقط، وإذا اردنا 3 خانات نكتب 3f وهكذا، اما إذا رغبتنا بحذف كل ما بعد الفاصلة نكتب صفر 0f، ويمكن استبدال حرف f بحرف e لكتابة النتيجة بالصيغة العلمية، أو g لجبر الكسر، أي اكمال العدد العشري لعدد صحيح، أو d لحذف ما بعد الفاصلة [9].

الكود	النتيجة
"%2f"	12.79
"%2e"	1.27e+01
"%2g"	13
"%2d"	12

لنفرض أن لدينا قانون له متغيرين، ويكون أحدهما مجهول مسألة، والآخر يكون مجهولاً في مسألة أخرى، بدلاً من أن نكتب دالة لكل مسألة، نكتب دالة للحالتين.

```
gv fed : ( h , gv )
18.9 = g
gv fi : ' ' ==
tnirp ( ( h * g * 2 ) trqs . htam % " f 2. % " )
h file : ' ' ==
tnirp ( ( ( g * 2 ) / 2 * gv ) % " f 2. % " )
gv ( 9 9 , ' ' )
gv ( ' ' , 0 5 )
```

قانون حساب سرعة السقوط الحر يحتوي على متغيرين  $h$  و  $vg$  وهما السرعة والارتفاع، بالإضافة لثابت تسارع الجاذبية الأرضية  $g$ ، ولأنه ثابت لم نضعه مع المتغيرات بين القوسين، إن الدالة تقول: الدالة اسمها  $vg$  وتحتوي على متغيرين هما  $h$  و  $vg$ ، يوجد ثابت اسمه  $g$  وقيمه 9.81، وإذا كانت قيمة السرعة  $vg$  المعطاة من قبل المستخدم للدالة، تساوي " أي مجهولة: احسب واطبع النتيجة باستخدام صيغة المعادلة التالية وإذا كانت النتيجة تحتوي على فاصلة فاطبع أول خانيتين فقط، أما إذا كان الارتفاع  $h$  مجهول فاحسب واطبع النتيجة باستخدام الصيغة الثانية... الخ، أخيراً لاستخدام الدالة نكتب  $vg(99)$  إذا كانت السرعة مجهولة، و  $vg(50)$  إذا كان الارتفاع مجهولاً.



## قائمة الأشكال

14	نيوتن الثاني	1.1
14	قانون نيوتن الثالث	1.2
15	السرعة	1.3
16	القانون الاول	1.4
16	القانون الثاني	1.5
16	السقوط الحر [6]	1.6
17	السقوط الحر	1.7
17	السقوط الحر	1.8
18	آلة آتوود	1.9
18	المقذوفات [6]	1.10
18	المسافة الافقية في المقذوفات	1.11
20	تدريبات 1-5	1.12
22	الشمس والارض	2.1
22	الروايا	2.2
22	الراديان	2.3
23	اتجاه التسارع الزاوي	2.4
25	العزم	2.5
25	$\tau = Fr \cos \theta$	2.7
25	$\tau = Fr \sin \theta$	2.6
25	اشارة العزم	2.8
26	التوازن [6]	2.9
26	مركز الكتلة	2.10
26	حدوة الفرس	2.11
26	مركز الكتلة	2.12
28	أكره الباب	2.13
28	تدريبات 2-5	2.14
31	الدفع - الزخم	3.1
32	زاوية محصلة الزخم	3.2
36	الشغل	4.1
36	شغل الحقيقية	4.2
38	كفاءة الدراجة	4.3
42	طاقة الوضع	5.1
43	طاقة الوضع المرونية	5.2
44	قانون حفظ الطاقة	5.3
48	كمية الحرارة	6.1
48	طرق التدفق الحراري	6.2
48	ماء ساخن	6.3
49	الحرارة النوعية والسعة الحرارية	6.4
49	حالات المادة	6.5
49	البلازما [6]	6.6
50	القانون الاول للديناميكا الحرارية [4]	6.7

51	6.8	الفلاجة
54	7.1	انتظام الذرات
55	7.2	بويل
55	7.3	خطر الانفجار
56	7.4	قوة التماسك والتلاصق
57	7.5	قوة التماسك والتلاصق
57	7.6	مبدأ أرخميدس
58	7.7	مبدأ برنولي
59	7.8	خطوط الانسياب
59	7.9	تمدد المواد الصلبة
60	7.10	ثيرموستات [1]
60	7.11	التمدد الحجمي
64	8.1	قانون هوك
65	8.2	السرعة - السعة
65	8.3	البندول
65	8.4	الموجات السطحية [6]
66	8.5	الطول الموجي
70	9.1	أنواع الموجات
70	9.2	الميكروفون
71	9.3	الموجات الطولية
71	9.4	تأثير دوپلر
72	9.5	الشوكة الرنانة [1]
72	9.6	الأعمدة الهوائية المغلقة
73	9.7	الأعمدة الهوائية المفتوحة
73	9.8	الصنومتر
73	9.9	سونار
76	10.1	أنواع الأسطح
77	10.2	الاستضاءة
77	10.3	الوان الطيف للون الأبيض
82	11.1	السطوح غير المصقولة
82	11.2	قانون الانعكاس الاول
82	11.3	انكسار الضوء
83	11.4	الزاوية الحرجة
83	11.5	المنشور
84	11.6	أنواع العدسات
84	11.7	رسم الصورة
86	11.8	العين
86	11.9	تطبيقات على العدسات
88	11.10	أنواع المرايا
88	11.11	رسم الصورة في المرآة المقعرة
90	11.12	مرآة مصباح الطيب
91	11.13	فرق الطور
91	11.14	الانبعاث المستحث
92	11.15	انتاج الليزر
92	11.16	الباركود
96	12.1	الاهدا ب
96	12.2	تجربة يونج

96	التداخل في الأغشية	12.3
97	حيود الشق الأحادي	12.4
98	محزوز الحيود	12.5
98	معياري ريليه	12.6
102	قانون كولوم	13.1
106	نسيج المجال	14.1
106	القوة الكهربائية	14.2
107	عزم ثنائي القطب	14.3
107	مجال ثنائي القطب	14.4
107	ثنائية القطب النقطية	14.5
108	شحنتان متشابهتان	14.6
108	شحنتان مختلفتان	14.7
114	من مصادر التيار الكهربائي	15.1
115	المقاومة النوعية	15.2
120	على التوالي	16.1
121	على التوازي	16.2
126	الطول في النسبية	17.1
126	مركبة فضائية	17.2
128	انحناء الزمكان	17.3
133	عمر النصف	18.1
136	الشحنات	19.1
136	طاقة الربط	19.2
137	التخصيب بالانتشار	19.3
137	التخصيب بالطرد المركزي	19.4
138	التخصيب بالتأين بالليزر	19.5
138	المحطة النووي	19.6



## قائمة الجداول

22	وحدات الحركة الزاوية . . . . .	2.1
27	وحدات الحركة الدورانية . . . . .	2.2
31	إشارات الزخم . . . . .	3.1
32	زاوية محصلة التصادم . . . . .	3.2
33	إشارات الموقع بعد التصادم . . . . .	3.3
33	وحدات الزخم وحفظه . . . . .	3.4
38	وحدات الشغل والطاقة . . . . .	4.1
44	وحدات الطاقة وحفظها . . . . .	5.1
51	وحدات الطاقة الحرارية . . . . .	6.1
60	وحدات حالات المادة . . . . .	7.1
72	تردد الرنين في الانابيب المغلقة . . . . .	9.1
73	تردد الرنين في الانابيب المفتوحة . . . . .	9.2
76	الاستضاءة . . . . .	10.1
84	صفات الصور في العدسات . . . . .	11.1
85	حالات تكون الصور في العدسات المحدبة . . . . .	11.2
86	حالات تكون الصور في العدسات المقعرة . . . . .	11.3
86	إشارات القانون العام للعدسات والمرايا . . . . .	11.4
87	قيم تكبير العدسة . . . . .	11.5
88	صفات الصورة . . . . .	11.6
89	حالات تكون الصور في المرايا المقعرة . . . . .	11.7
90	حالات تكون الصور في المرايا المحدبة . . . . .	11.8
90	إشارات القانون العام للعدسات والمرايا . . . . .	11.9
90	قيم تكبير العدسة . . . . .	11.10
96	تداخل الضوء المترابط . . . . .	12.1
136	النيوكلونات . . . . .	19.1
136	الماء الثقيل . . . . .	19.2





# الفهرس

السرعة, 15	الأغشية الرقيقة, 96	ا
سرعة الضوء, 77, 82	الإزاحة الزاوية, 22	
سرعة الموجة, 66	الإلكترونات, 102	
سعة الإهتزازة, 66	الانتران, 26	
ض	الانتران الحراري, 48	
الضوء المترابط, 96	الاستضاءة, 76	
ط	الاستقطاب, 77	
الطاقة الحركية, 36, 42	الانعكاس, 82	
الطاقة المخزنة, 42	الانكسار, 82	
الطاقة الكهربائية, 116	القاتوود, 17	
الطفو, 57	السرعة الزاوية, 22	
الطور, 66	ت	
الطول الموجي, 66	التداخل, 96	
طاقة الالكترون, 132	التدفق الضوئي, 76	
طاقة الوضع السكونية, 43	التردد, 66	
طاقة الوضع المرونية, 43	التسارع, 15	
طاقة وضع الجاذبية, 42	التسارع الزاوي, 23	
ع	التصادم, 31	
العدسات المحدبة, 84	التصادمات, 44	
العدسات المقعرة, 85	التمدد الحجمي, 60	
العزم, 25	التمدد الطولي, 59	
ب	التوصيل على التوازي, 121	
البندول, 65	التوصيل على التوالي, 120	
باسكال, 57	ح	
برنولي, 58	حفظ الطاقة, 43	
بويل, 54	خ	
ش	خطوط الانسياب, 59	
الشحنات, 102	د	
الشغل, 36	الدفع, 30	
شارل, 55	درجة الحرارة, 48	
شدة الإضاءة, 76	دوبلر, 77	
شدة المجال الكهربائي, 107	ذ	
شبه الموصلات, 102	الذرة, 102	
ف	ر	
الفائدة الميكانيكية, 38	معادلة ريدرفورد, 132	
الفائدة الميكانيكية المثالية, 38	معياري ريليه, 98	
نموذج فيرمي, 132	ز	
ق	الزاوية الحرجة, 83	
القانون العام للغازات, 55	الزخم, 30	
القدرة, 37	الزمن الدوري, 66	
القدرة الكهربائية, 114, 116	س	

- القوى داخل السوائل, 56  
 قانون الغاز المثالي, 56  
 ك  
 الكفاءة, 38  
 كمية الحرارة, 48  
 ل  
 الليزر, 91  
 م  
 المجال الكهربائي, 106  
 المرايا المحدبة, 89  
 المرايا المقعرة, 88  
 المقاومة الكهربائية, 115  
 المقاومة النوعية, 115  
 المقذوفات, 18  
 المنشور, 83  
 الموائع, 54  
 محزوز الحيود, 98  
 مركز الكتلة, 26  
 مصادر التيار الكهربائي, 114  
 ن  
 النابض, 64  
 قوانين نيوتن, 14  
 نصف العمر النشط, 133  
 هـ  
 هوك, 64  
 و  
 وحدة الطاقة الذرية, 132  
 وحدة الكتلة الذرية, 132  
 ي  
 تجربة يونج, 96

## المصطلحات

balance thermal	الاتزان الحراري
displacement angular	الازاحة الزاوية
Polarization	الاستقطاب
Pulley	البكرة
frequency	التردد
accleration	التسارع
acceleration angular	التسارع الزاوي
collision	التصادم
collision elastic	التصادم المرن
Circuit Parallel	التوازي
Circuit Series	التوالي
mechanics	الحركة
impulse	الدفع
dynamics	الديناميكا
momentum	الزخم
speed	السرعة
velocity angular	السرعة الزاوية
work	الشغل
pressure atmospheric	الضغط الجوي
energy kinetic	الطاقة الحركية
energy kinetic	الطاقة الحركية
torque	العزم
advantage mechanical	الفائدة الميكانيكية
advantage mechanical ideal	الفائدة الميكانيكية المثالية
power	القدرة
inertia	القصور الذاتي
efficiency	الكفاءة

Laser	الليزر
projectile	المقذوفات
fluids	الموائع
Contraction Length	انكماش الطول
Seeds Grass	بذور العشب
Dipoles Electric	ثنائي القطب الكهربائي
size Nuclear	حجم الذرة
diffraction slit single	حيود الشق الأحادي
Lines Field	خطوط المجال
temperature	درجة الحرارة
reaction	رد الفعل
velocity machine Atwood	سرعة آلة أتوود
energy potential elastic	طاقة الوضع المرنة
energy thermal	كمية الحرارة
grating diffraction	محزوز الحيود
Diagram Field Vector	مخطط المجال المتجهي
mass of center	مركز الكتلة
formula scattering Rutherford	معادلة ريثرفورد
Half-Life Radioactive	نصف العمر النشط
Energies Electron	طاقة الإلكترون
unit Energies Nuclear	وحدة الطاقة الذرية
uint masses Atomic	وحدة الكتلة الذرية

## المصادر

- [1] موقع ويكيبيديا. مجاني ومفتوح المصدر.
- [2] د. نضال الرشيدات. ديناميكا حرارية.
- [3] د. ابراهيم ناصر. النظرية النسبية.
- [4] فكرة الرسم من موقع وكالة ناسا.
- [5] عبد الرحمن فكري و محمد العدوي. النظرية النسبية.
- [6] licene. 3 creative with github in images siyavula
- [7] نخبة من الأساتذة. مبادئ الفيزياء. الدار الدولية للنشر والتوزيع. 1997.
- [8] كتيب الفيزياء الدورانية - الفصل 9. جامعة كلورادو, uccs, 2016.
- [9] Python. With Physics Computational Ayars. Eric Dr. University State California. 2013.
- [10] ocw.mit.edu. المشروع المفتوح لمعهد ماساتشوستس للتقنية.
- [11] physicshelp.ca. PhysicsEH.
- [12] wolfweb.unr.edu. موقع ذئب الانترنت. جامعة نيفادا.