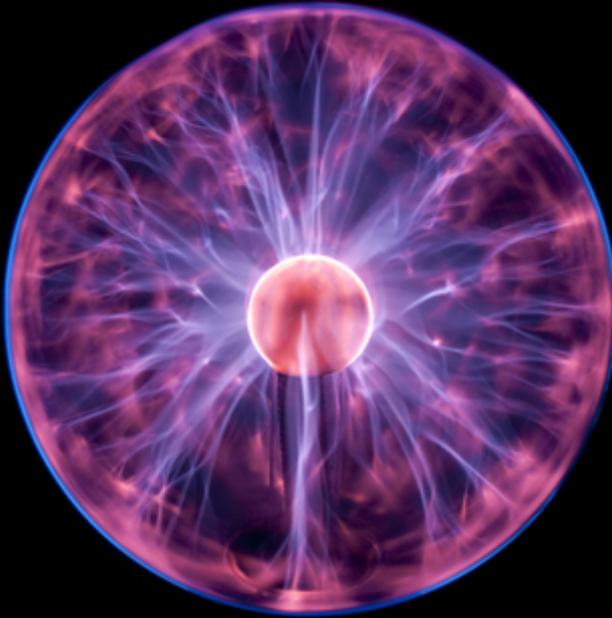


قوانين في الفيزياء

بنان راجي الكريم

350

مثال وتمارين
محلل



2017/1438

قوانين في الفيزياء

بنان راجي الكريم

الاصدار 2.2 29 ديسمبر 2017

كتاب مجاني

الإهداء إلى كل طالب علم

المقدمة

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 ييسر 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 وتحريرو الكتاب بإستخدام برنامج ليك Lyx الخاص بكتابة الكتب والبحوث العلمية ورسائل الماجستير والدكتوراه، ولغة لتيك Latex مفتوح المصدر.

- الرسومات التوضيحية ورموز الباركود باستخدام برنامج انكسكيب inkscape المفتوح المصدر وبرنامج gnuplot للرسوم البيانية المجاني والمفتوح المصدر.

- الاستشهادات مملوكة لأصحابها.

- تم كتابة النصوص بخط شهرزاد، والغلاف بخط KacstTitle ، وجميعها مجانية ومفتوحة المصدر.

- قاعدة بيانات قائمة المراجع bibtex تم انشائها وتحريها باستخدام برنامج JabRef المجاني والمفتوح المصدر.

* مرفق مع الكتاب ملف HPhysics.py يحتوي كود لحل المسائل الخارجية الموضوعه على قوانين هذا الكتاب (راجع فصل الملحقات في آخر الكتاب).

* لأفضل قراءة: ليس كل مستعرضات pdf على الأندرويد ios تدعم اللغة العربية، أو الروابط التشعبية hyperlink

، والرسوم بصيغة SVG المتجهية، لذا أنصح بتركيب برنامج adobe acrobat reader الأصلي.

أول إصدار من هذا الكتاب كان في عام 1435هـ الموافق 2014م.

المحتويات

13			1 الحركة
14	الحركة	1.0.1	
14	قوانين نيوتن	1.0.1.1	
15	معادلات الحركة الخطية	1.0.1.2	
16	السقوط الحر	1.0.1.3	
19	المقذوفات	1.0.1.4	
21	التدريبات		1.1
23			2 الحركة الدورانية
24	وصف الحركة الدورانية		2.1
24	الإزاحة الزاوية	2.1.1	
24	السرعة الزاوية	2.1.2	
25	التسارع الزاوي	2.1.3	
26	معادلات الحركة الزاوية	2.1.3.1	
27	العزم	2.1.4	
27	محصول العزوم	2.1.5	
28	الاتزان		2.2
28	مركز الكتلة	2.2.1	
28	مركز الكتلة والثبات	2.2.2	
28	شرطا الاتزان	2.2.3	
30	التدريبات		2.3
33			3 الزخم وحفظه
34	الذخم والذخم		3.1
34	الذخم	3.1.1	
34	الذخم	3.1.2	
35	العلاقة بين الذخم والذخم	3.1.3	
35	حفظ الزخم		3.2
35	التصادم في بعد واحد	3.2.1	
36	التصادم في بعدين	3.2.2	
38	التدريبات		3.3
41			4 الشغل والطاقة
42	الشغل والقدرة		4.1
42	الشغل	4.1.1	
42	الطاقة الحركية	4.1.2	
43	نظرية الشغل الطاقة	4.1.3	
43	القدرة	4.1.4	
44	الآلات		4.2
44	الفائدة الميكانيكية	4.2.1	
44	الفائدة الميكانيكية المثالية	4.2.2	
44	الكفاءة	4.2.3	
45	التدريبات		4.3
7			

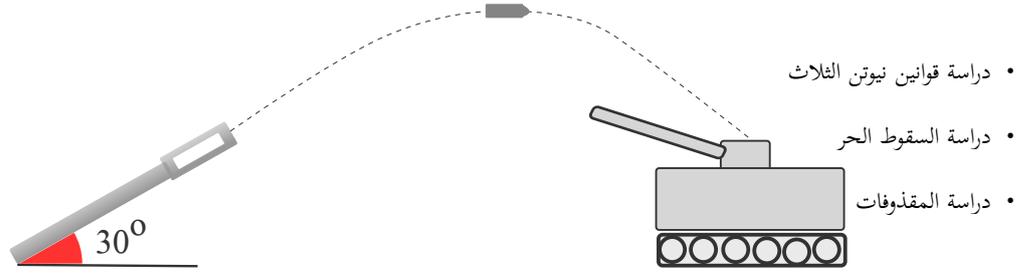
47	5	الطاقة وحفظها
48	5.1	الطاقة وأشكال الطاقة
48	5.1.1	الطاقة الحركية
48	5.1.2	الطاقة المخزنة
48	5.1.2.1	طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية
49	5.1.2.2	طاقة الوضع المرورية
49	5.1.2.3	طاقة الوضع السكونية
49	5.1.3	قانون حفظ الطاقة
50	5.1.3.1	التصادمات
51	5.2	التدريبات
53	6	الطاقة الحرارية
54	6.1	درجة الحرارة وكمية الحرارة
54	6.1.1	درجة الحرارة
54	6.1.2	كمية الحرارة
54	6.1.3	العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الحرارة
54	6.1.4	الاتزان الحراري
54	6.1.5	التدفق الحراري وطرقه
54	6.1.6	الحرارة النوعية والسعة الحرارية
55	6.2	حالات المادة
55	6.2.1	الطاقة الكامنة للإنصهار
56	6.2.2	الطاقة الكامنة للجليان
56	6.3	قوانين الديناميكا الحرارية
57	6.3.1	القانون الثاني للديناميكا الحرارية
58	6.4	التدريبات
59	7	حالات المادة
60	7.1	الموائع
60	7.1.0.1	ضغط السائل
61	7.1.1	قوانين الغاز
61	7.1.1.1	قانون بويل
62	7.1.1.2	قانون شارل
62	7.1.1.3	القانون العام للغازات
62	7.1.1.4	قانون الغاز المثالي
63	7.2	القوى داخل السوائل
63	7.3	الموائع الساكنة والمتحركة
63	7.3.1	الموائع الساكنة
63	7.3.1.1	مبدأ باسكال
64	7.3.1.2	السوائل في الأنابيب المتشعبة
65	7.3.1.3	قوة الطفو
65	7.3.2	الموائع المتحركة
65	7.3.2.1	مبدأ برنولي
66	7.3.2.2	خطوط الانسياب ونقطة الانفصال
67	7.3.2.3	اللزوجة
67	7.4	المواد الصلبة
67	7.4.1	التمدد الحراري للمواد الصلبة
67	7.4.2	معامل التمدد الطولي (α)
68	7.4.3	معامل التمدد الحجمي (β)
69	7.5	التدريبات

71	8 الاهتزازات والموجات
72	8.1 الحركة الاهتزازية
72	8.1.1 النابض
72	8.1.1.1 قانون هوك
72	8.1.1.2 طاقة الوضع المرنة للنابض
73	8.1.1.3 سرعة النابض عند نقطة معينة
73	8.1.2 البندول
74	8.2 أنواع الموجات
74	8.2.1 الموجات الميكانيكية
74	8.2.2 الموجات الكهرومغناطيسية
74	8.3 خصائص الموجات
76	8.4 التدريبات
79	9 الصوت
80	9.1 خصائص الصوت
80	9.1.1 الموجات الصوتية
80	9.1.2 الكشف عن موجات ضغط الصوت
81	9.1.2.1 حدة الصوت
81	9.1.2.2 علو الصوت
81	9.1.2.3 مستوى الصوت
81	9.2 سرعة الصوت
82	9.3 تأثير دوبلر
83	9.3.0.1 أمثلة على تأثير دوبلر
83	9.4 الرنين في الانابيب الهوائية والاورار
83	9.4.1 الرنين في الانابيب الهوائية
83	9.4.1.1 الرنين في الانابيب الهوائية المغلقة
84	9.4.1.2 الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة
84	9.4.1.3 الرنين في الاوتار
84	9.5 الموجات تحت الصوتية
85	9.6 الموجات فوق الصوتية
86	9.7 التدريبات
87	10 أساسيات الضوء
88	10.0.1 مصادر الضوء
88	10.0.2 الاستضاءة
89	10.0.3 الطبيعة الموجية للضوء
91	10.1 التدريبات
93	11 المرايا والعدسات
94	11.1 خصائص الضوء
94	11.1.1 سرعة الضوء
94	11.1.2 قانون الانعكاس
94	11.1.3 قانون الانكسار
95	11.1.4 الزاوية الحرجة
96	11.2 المنشور
96	11.3 العدسات الكروية
96	11.3.1 العدسات المحدبة
98	11.3.2 العدسات المقعرة
98	11.3.3 تطبيقات على العدسات
99	11.4 القانون العام للعدسات والمرايا
99	11.4.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

101	المرايا الكروية	11.5
101	المرايا المقعرة	11.5.1
102	المرايا المحدبة	11.5.2
103	تطبيقات على المرايا	11.5.3
103	القانون العام للعدسات والمرايا	11.6
103	قانون التكبير للعدسات والمرايا	11.6.1
105	التدريبات	11.7
107	التداخل والحيود	12
108	التداخل	12.1
108	أنواع الضوء	12.1.1
108	تجربة يونج	12.1.2
108	التداخل في الأغشية الرقيقة	12.1.3
109	حيود الشق الأحادي	12.1.4
110	محزوز الحيود	12.1.5
110	معياري ريليه	12.1.6
112	التدريبات	12.2
113	الكهرباء الساكنة	13
114	الشحنات	13.1
114	مكونات الذرة	13.1.1
114	الإلكترونات والمواد	13.1.2
114	شحنة الإلكترون	13.1.3
115	قانون كولوم	13.1.4
116	التدريبات	13.2
117	المجالات الكهربائية	14
118	المجال الكهربائي	14.1
118	الشحنة الكهربائية	14.1.0.1
118	القوة الكهربائية بين الشحنات	14.1.0.2
118	ثنائي القطب	14.1.1
119	عزم ثنائي القطب	14.1.1.1
119	تكوين المجال الكهربائي لثنائي القطب	14.1.1.2
119	شدة المجال الكهربائي (E)	14.1.1.3
120	شدة مجال الجاذبية (g)	14.1.1.4
120	قوة المجال الكهربائي على جسيم	14.1.1.5
121	الطاقة الكهربائية الكامنة بين جسيمين مشحونين	14.1.1.6
121	فرق جهد الطاقة الكهربائية الكامنة	14.1.1.7
121	السعة والمكثفات	14.1.1.8
123	التدريبات	14.2
125	التيار المستمر	15
126	مصادر التيار الكهربائي	15.1
126	القدرة الكهربائية والشغل والتيار	15.2
127	التيار والشحنة	15.3
127	المقاومة الكهربائية	15.4
128	المقاومة النوعية أو المقاومة	15.5
129	القدرة الكهربائية والمقاومة	15.6
129	الطاقة الكهربائية أو الشغل	15.7
130	التدريبات	15.8

16	التوصيل على التوالي والتوازي	131
16.1	التوصيل على التوالي	132
16.2	التوصيل على التوازي	133
16.3	قوانين كيرشوف	134
16.4	التدريبات	136
17	المجال المغناطيسي	137
17.1	المجال المغناطيسي	138
17.1.0.1	المجال المغناطيسي في سلك	138
17.1.0.2	شدة المجال المغناطيسي عند نقطة	138
17.2	الحث الكهرومغناطيسي	141
17.3	التدريبات	145
18	الالكترونيات الحديثة	147
18.1	أشباه الموصلات	149
18.1.1	السيليكون	149
18.1.2	المكونات والنبائط الالكترونية	150
18.1.2.1	الوصلة الثنائية	150
18.1.3	الترانزستور	151
18.2	التدريبات	154
19	ازدواجية الموجة والجسيم	155
19.1	الجسم الأسود	156
19.1.1	قانون بلانك	156
19.2	التأثير الكهروضوئي والانبعاث الحراري	157
19.2.1	التأثير الكهروضوئي	157
19.2.2	تأثير كمبتون	158
19.2.3	الطبيعة الموجية للجسيم	159
19.2.3.1	المجهر الالكتروني	160
19.3	التدريبات	161
20	النظرية النسبية	163
20.0.0.1	سرعة الضوء	164
20.0.0.2	الحركة النسبية	165
20.0.0.3	الأثير	165
20.0.0.4	معادلات لورنتز	166
20.0.0.5	النظرية النسبية الخاصة	168
20.0.0.6	النظرية النسبية العامة	170
20.1	التدريبات	174
21	الفيزياء الذرية	175
21.1	الالكترونون	176
21.2	الذرة	177
21.2.1	اكتشاف النواة	178
21.2.2	نموذج ذرة بور	178
21.3	الليزر وتطبيقاته	181
21.4	الأشعة السينية	183
21.5	التدريبات	185
22	المفاعلات النووية	187
22.0.1	الذرة	188
22.1	معادلة رذرفورد لتناثر الجسيمات	191

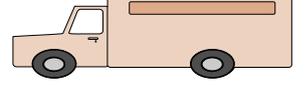
191	معادلة عمر النصف النشط	22.2
192	الطاقة النووية	22.3
192	الانشطار النووي	22.3.1
193	المفاعلات النووية	22.3.2
193	المواد المستخدمة في المفاعلات الذرية	22.3.2.1
194	تخصيب اليورانيوم	22.3.2.2
196	المحطة النووية	22.3.2.3
196	أنواع المفاعلات الذرية	22.3.2.4
196	النفايات النووية	22.3.2.5
197	الاندماج النووي	22.3.3
198	مسرعات الجسيمات	22.3.4
200	التدريبات	22.4
201	تحصيلي الفيزياء	23
207	ملحقات	24
208	الجدول الدوري	24.1
209	بايثون للفيزيائيين	24.2
214	برنامج Gnuplot	24.3
214	الرسم المسطح باستخدام <i>plot</i>	24.3.1
216	الرسم المجسم يتم باستخدام الأمر <i>splot</i>	24.3.2
218	برنامج Maxima	24.4
218	برنامج Octave	24.5
218	برنامج PHET	24.6
218	برنامج Inkscape	24.7
218	برنامج R	24.8
219	برنامج Lyx	24.9



1.0.1 الحركة

1.0.1.1 قوانين نيوتن

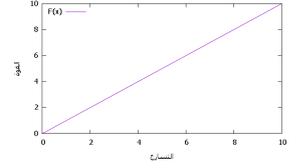
القانون الأول - قانون القصور الذاتي يبقى الجسم محافظاً على سرعته ($v \geq 0$) ما لم تؤثر عليه قوة خارجية غير متزنة.¹ حين نركل جسماً كالكرة إلى الامام فإنه يبدأ بالسير بسرعة كبيرة ثم تبدأ سرعته بالتناقص شيئاً فشيئاً إلى أن يتوقف، وهذا التناقص في السرعة ناتج عن قوة خارجية نسميها قوة الاحتكاك، ولو لم توجد تلك القوة الخارجية لاستمر الجسم في حركته بتأثير القصور الذاتي، والجسم الساكن مثل الكتاب على الرف سيبقى ثابتاً 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.



شكل 1.1: الشاحنة الكبيرة يصعب تحريكها إن كانت ساكنة، ويصعب إيقافها إن كانت متحركة لأن قصورها الذاتي كبير نتيجة لكير كتلتها.

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

القانون الثاني - قانون الديناميكا القوة المؤثرة على جسم تتناسب طردياً مع تسارعه في إطار 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 فيزيائياً «التسارع الموجب» وهو عكس التسارع السالب الناتج عن تباطؤ الجسم، وقد نتجت الزيادة في سرعة القطار عن قوة يبدلها 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.



شكل 1.2: نيوتن الثاني: يزداد التسارع بزيادة القوة.

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

حيث F القوة N ، m الكتلة Kg ، a التسارع m/s^2 .

مثال 1.0.1 السؤال

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

الحل

تعيين المعطيات: $a=3m/s^2$ ، $m=4Kg$

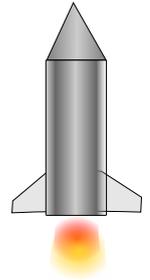
$$=4 \times 3$$

$$=12N$$

التطبيق:

النتيجة: القوة التي يجب بذلها على الجسم تساوي 12 نيوتن.

$$F=ma$$



شكل 1.3: قانون نيوتن الثالث: قوة اندفاع الغاز تولد قوة رد فعل ترفع الصاروخ.

القانون الثالث - قانون رد الفعل لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه. تدخل أحياناً حبات من الغبار إلى الأنف فيعطس الإنسان، ويخرج الهواء من الفم بسرعة $160km/h$ ، نلاحظ عندها ارتداد الرأس إلى الخلف في اتجاه معاكس لاندفاع هواء العطسة، وهذا ما يحدث أيضاً 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 متراً واحداً لن يندفع جسمك للخلف متراً واحداً مع أن الكرسي قد أثر على جسمك بقوة معاكسة تساوي القوة التي بذلتها عليه أثناء الدفع.²

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

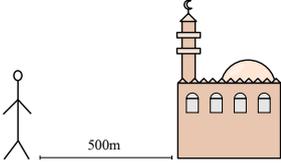
حيث F_a قوة الفعل، F_b قوة رد الفعل، والاشارة السالبة تدل على الإتجاه المعاكس.

¹ نيوتن فيزيائي انجليزي توفي عام 1727م.

² أبو البركات ابن ملكا أشهر العلماء المسلمين في القرن السادس الهجري الذين سبقوا في الحديث عن قوانين نيوتن ومبدأ جاليليو.

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 10km في الساعة وسيارة أخرى تقطع 20km 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 1000km/h لن تصل يوماً إلى مطار الرياض إذا كان اتجاهها إلى مطار أبها.



شكل 1.4: السرعة

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \tag{1.4}$$

حيث v السرعة m/s ، Δd التغير في السرعة m ، Δt التغير في الزمن s .

مثال 1.0.2 السؤال

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

الحل

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

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

النتيجة: السرعة التي يسير بها الشاب للوصول للمسجد 0.4m/s وتساوي 1.44km/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 10m/s مثلاً، وحين يضغط راكب الدراجة على المكابح الهوائية إلى أن يتوقف، فإننا نقول إن تسارعه سالب، أي نقصت سرعته إلى أن أصبحت صفر.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{1.5}$$

حيث a التسارع m/s^2 ، Δv التغير في السرعة m/s .

مثال 1.0.3 السؤال

سيارة تستطيع الوصول إلى 100km/h من السكون التطبيق: خلال 3.5s ، أحسب تسارعها؟

الحل

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

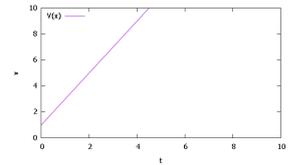
تعيين المعطيات: $t=3.5\text{s}$ ، $v=100\text{km/h}=27.77\text{m/s}$

النتيجة: تسارع السيارة 7.93m/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 جميعاً مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثلاثة والرابعة... ، كأننا نتعامل مع أسرة بها أب وأم ومنهما ينتج الأبناء، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال.

$$v_x(t) = a_0t + v_0 \quad (1.6)$$



شكل 1.5: المعادلة الأولى للحركة: تزداد السرعة بزيادة الزمن.

مثال 1.0.4 السؤال

سيارة تسير بسرعة 10m/s ثم زادت سرعتها بتسارع مقداره 4m/s² ، احسب السرعة التي ستصلها بعد 8 ثوان ؟

$$\begin{aligned} v_x(t) &= a_0t + v_0 \\ &= (4 \times 8) + 10 \\ &= 42 \text{ m/s} \end{aligned}$$

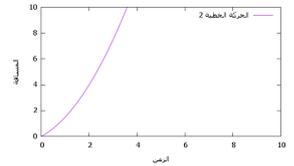
الحل

تعيين المعطيات: $t=8s$ ، $v_0=4m/s$ ، $v=10m/s$



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

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \quad (1.7)$$



شكل 1.6: المعادلة الثانية للحركة: تزداد المسافة المقطوعة بزيادة الزمن.

مثال 1.0.5 السؤال

جسم ساكن انطلق بتسارع مقداره 5m/s² لمدة 9s ، احسب المسافة التي قطعها ؟

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

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

الحل

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

التطبيق:

النتيجة: المسافة التي قطعها الجسم تبلغ 202.5 متر.

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

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 الارض دون تأثير قوة خارجية عدا الجاذبية الارضية. وما يميز هذا النوع من الحركة أننا نستبدل التسارع الخطي a بتسارع الجاذبية الأرضية g ذو القيمة الثابتة 9.8m/s² مهما تغيرت كتلة الجسم أو حجمه.



شكل 1.7: السقوط الحر [11]

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

$$v_f(t) = at + v_0$$

$$x(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t$$

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

الزمن في السقوط الحر

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

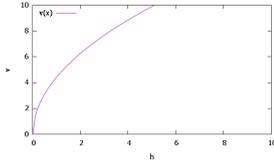
حيث t_g زمن السقوط الحر، g تسارع الجاذبية الأرضية m/s^2 ، h الارتفاع m .

* طريقة علمية

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

السرعة في السقوط الحر
القانون 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، لكن يجب علينا الانتباه إلى أن السرعة التي نتحدث عنها هي السرعة الرأسية.



شكل 1.8: زيادة سرعة السقوط الحر كلما زاد الارتفاع بسبب تسارع الجاذبية الأرضية.

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

حيث v_g سرعة الجسم عند ارتفاع معين، g تسارع الجاذبية الأرضية، h الارتفاع.

مثال 1.0.6 السؤال

سقطت كرة كتلتها $10Kg$ ونصف قطرها $1m$ من أعلى مبنى ارتفاعه $40m$ ، احسب الزمن اللازم لوصوله للأرض، وسرعته عند ذلك؟

الحل

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

التطبيق:

$$=2.85s$$

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

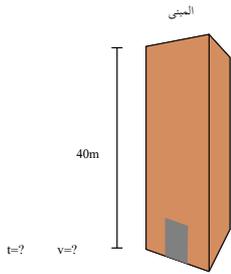
$$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 40}$$

$$=28m/s$$

النتيجة: سيصل الجسم للأرض بعد 2.85 ثانية وبسرعة 28 متر/ثانية، لاحظ أننا لم نستخدم الكتلة و نصف القطر.

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

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



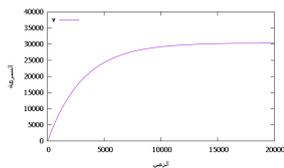
شكل 1.9: السقوط الحر

القانون الدقيق للاجسام الكروية

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

الماء	الهواء	درجة الحرارة
$1.792cp$	$171\mu p$	$0^\circ C$
$1.005cp$	$181\mu p$	$20^\circ C$
$0.656cp$	$190\mu p$	$40^\circ C$
$0.284cp$	$218\mu p$	$100^\circ C$

جدول 1.1: معامل لزوجة الهواء والماء [6]



شكل 1.10: يخفي التسارع عند الوصول للسرعة الحدية.

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

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

$$v_{\text{الحدية}} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho AC_d}} \quad (1.12)$$

حيث b معامل السحب السطحي $N.s/m$ ، η معامل اللزوجة $N.s/m^2$ ، r نصف قطر الكرة الساقطة m ، ρ كثافة الوسط، A مساحة الجسم، C_d معامل الاعاقة (لجسم معين في مائع معين).

السرعة تتوقف عن الزيادة $a=0m/s^2$ عند الوصول لسرعة معينة تسمى السرعة الحدية، وهذه السرعة تتغير بتغير لزوجة الوسط وكتلة المادة وحجمها.

مثال 1.0.7 السؤال

سقطت كرة كتلتها $0.1Kg$ ونصف قطرها $1cm$ من أعلى مبنى ارتفاعه $40m$ ، احسب سرعتها بعد $2.85s$ حيث معامل لزوجة الهواء $171\mu p$ (ميكروبيواز) عند صفر سلايوس ؟

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

$$= \frac{0.1 \times 9.8}{32.23 \times 10^{-7}} (1 - e^{-\frac{32.23 \times 10^{-7}}{0.1} \times 2.85})$$

$$= 304064.53 \times (1 - e^{-9.18 \times 10^{-5}})$$

$$= 27.91m/s$$

الحل

تعيين المعطيات: $t=2.85s$ ، $r=0.01m$ ، $h=40m$
 $\eta=171 \times 10^{-6}p=171 \times 10^{-7} Pa.s$

التطبيق:

$$b = 6\pi\eta r \quad (\text{معامل السحب السطحي})$$

$$= 6\pi \times 171 \times 10^{-7} \times 0.01$$

$$= 32.23 \times 10^{-7}$$

النتيجة: ستكون سرعة الكرة 27.91 متر/ثانية، لاحظ انخفاض قيمة السرعة عن المثال السابق نتيجة مراعاة اللزوجة.

مثال 1.0.8 السؤال

قفز مظلي كتلته $70Kg$ من الطائرة، احسب السرعة الحدية له أثناء سقوطه على بطنه ؟ (طول الرجل $1.7m$ وعرضه $0.4m$)

$$v_{\text{الحدية}} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho AC_d}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 70 \times 9.8}{1.1 \times 0.68 \times 1.2}}$$

$$= 39m/s$$

الحل

تعيين المعطيات: $m=70Kg$ ، $\rho=1.1Kg/m^3$ ، $A=$
 $C_d=1.2$ ، $0.68m^2$

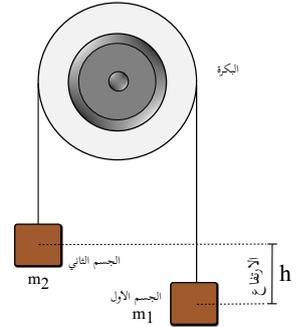
التطبيق:

النتيجة: السرعة الحدية (السرعة القصوى) للمظلي على بطنه 39 متر/ ثانية.

السرعة في آلة آتوود

آلة آتوود³ 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.



شكل 1.11: آلة آتوود

$$v_x = \sqrt{\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)2gh} \quad (1.13)$$

حيث m_1 كتلة الجسم الأول، m_2 كتلة الجسم الثاني، h فرق الارتفاع بين مركزي الجسمين.

³آلة تم اختراعها في عام 1784 على يد الانجليزي جورج آتوود.

مثال 1.0.9 السؤال

$$\Delta F=ma$$

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

$$19.6 = 18a$$

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

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

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

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

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: $m_2 =$ ، $m_1 = 10 \text{ kg}$ ، $h = 20 \text{ cm}$
8kg

التطبيق:

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

$$= \sqrt{\left(\frac{10 - 8}{10 + 8}\right) \times 2 \times 9.8 \times 0.2}$$

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

النتيجة: سرعة حركة الجسمين ستكون 0.659 متر/ثانية.

ويمكن حلها بطريقة أخرى..



شكل 1.12: المقذوفات [11]

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 قوة دفع أجنحة الطائر، أو خارجية مثل قوة دفع الرياح. 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، إن السرعة الرأسية للجسم المقذوف تساوي صفر في أعلى نقطة يصلها، أما السرعة الأفقية فتحسب بالمعادلة $V_h = V_0 \cos \theta$ ، 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 أردنا حساب المسافة الأفقية بين نقطة الإطلاق ونقطة الاصطدام بالأرض أو الهدف، نستخدم القانون:

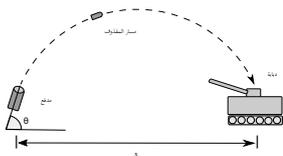
$$x = \frac{2v_0^2 \sin(\theta) \cos(\theta)}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (1.14)$$

حيث θ الزاوية بين الأفق وخط إطلاق القذيفة، v_0 السرعة الابتدائية أو سرعة الإطلاق.

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

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g} \quad (1.15)$$

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 نعلم على ذكائنا وفهمنا للسؤال. قوانين حساب السرعة الرأسية:



شكل 1.13: المسافة الأفقية في المقذوفات

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

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

مثال 1.0.10 السؤال

$$=30.61s$$

حل آخر باستخدام معادلات الحركة ..

$$v_y = v_0 \sin \theta \quad (\text{المركبة الرأسية})$$

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

$$v_f = v_0 + gt$$

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

$$t = -150 / (-9.8) = 15.3s$$

هذا زمن الصعود، وزمن الهبوط مثله، فيكون الزمن الكلي 30.6s .

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

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

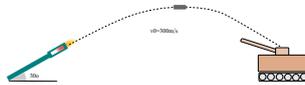
$$x = vt = 259.8 \times 30.6 = 7950 \text{ m}$$

النتيجة: بعد الهدف الذي ستصيبه القذيفة 7953.29 متر، وتصله القذيفة بعد 30.61 ثانية من إطلاقها.

أطلقت قذيفة مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها 300 m/s وبزاوية 30° مع الأفق، احسب بعد الهدف الذي ستصيبه، والزمن اللازم لذلك؟

الحل

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



التطبيق:

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

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

$$= 7953.29 \text{ m}$$

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

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

1.1 التدرّيات

التدرّيات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الزاوية التي يجب استخدامها لإطلاق قذيفة مدفع هاوترز 155 مم بسرعة $v_0=827m/s$ لكي يصيب هدف على بعد $x=24km$ ؟ ثم احسب الزمن اللازم لاصابة الهدف ؟

الحل

تعيين المعطيات: $x=24000m$ ، $v_0=827m/s$
التطبيق:

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

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

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

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

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

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

2- ترك جسم ليسقط رأسياً بسرعة $0m/s$ من أعلى جرف ارتفاعه $85m$ ؟ كم الزمن اللازم لوصوله للارض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $x=80m$ ، $v_0=0m/s$
التطبيق:

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

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

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

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

الحل

تعيين المعطيات: $h=70m$ ، $m=1.3Kg$
التطبيق:

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

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

$$= 37.04m/s$$

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

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=10Kg$ ، $m_2=15Kg$ ، $h=35cm=0.35m$
التطبيق:

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

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

$$= 1.171m/s$$

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

الحل

تعيين المعطيات: $v_x=60km/h$ ، $a=4.2m/s^2$
التطبيق:

$$v_x(t) = a_0t + v_0$$

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

$$t = 3.966s$$

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

الحل

تعيين المعطيات: $F=470N$ ، $m=0.25Kg$ ، $t=2s$
التطبيق:

$$F = ma$$

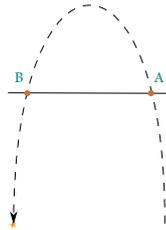
$$a = \frac{470}{0.25} = 1880m/s^2$$

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

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

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

7- في المقذوفات الحرة، تتساوى سرعة الجسم في أي نقطتين تقعان في مستوى أفقي واحد :



(أ) صحيح ✓ (ب) خاطيء

8- سقوط قائد الدراجة عن دراجته حين توقفها فجأة مثال على :

(أ) الخاصية الاسموزية (ج) القصور الذاتي ✓

(ب) قانون نيوتن الثالث (د) قانون نيوتن الثاني

9- سقط جسم من أعلى مبنى، وبعد 10 ثوان وصل إلى الأرض، فتكون سرعة اصطدامه بالأرض بالمتراً/ثانية :

(أ) 9.8 (ج) 980

(ب) 98 ✓ (د) 9800

10- سيارة A تغيرت سرعتها من $10m/s$ إلى $30m/s$ خلال $4s$ ، وسيارة B تغيرت سرعتها من $22m/s$ إلى $33m/s$ خلال $11s$ ، أيهما تسارعه أكبر :

(أ) A ✓ (ج) متساويان

(ب) B (د) تسارعهما صفر

11- إذا قذف جسم إلى الأعلى بسرعة $100m/s$ ، إحسب سرعته بعد $5s$ ؟

(أ) $4.5N$ (ب) $50N$

(ج) $44.1N$ ✓ (د) $15.3N$

17- المساحة تحت منحني السرعة والزمن تعطي ؟

(أ) الازاحة ✓ (ج) التسارع

(ب) السرعة (د) القوة

18- الوعل التبتى هو أسرع الحيوانات حيث تبلغ سرعته $100Km/h$ ، احسب المسافة التي يقطعها خلال 10 ثوان؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=0m/s$ ، $a_{وعل}=6m/s^2$ ، $t=10s$ ، التطبيق:

$$v_x(t) = a_0t + v_0 \quad (\text{زمن التسارع})$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{27.77}{6} = 4.62s$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

$$x = 0.5 \times 6 \times 4.62^2 + 0 \quad (\text{المسافة أثناء التسارع})$$

$$= 64.03m$$

$$x = vt \quad (\text{المسافة بعد التسارع})$$

$$= 27.77 \times 5.38 = 149.4m$$

$$x_{total} = 64.03 - 149.4 = 213.43m \quad (\text{المسافة الكلية})$$

11- إذا قذف جسم إلى الأعلى بسرعة $100m/s$ ، إحسب سرعته بعد $5s$ ؟

(أ) $5+100$ (ج) 5

(ب) $100-5 \times 9.8$ ✓ (د) $100+5 \times 9.8$

12- تصبح سرعة الجسم المقذوف صفر، عند أعلى نقطة نتيجة ؟

(أ) التسارع الموجب (ج) التسخين

(ب) التسارع السالب ✓ (د) الشحنة الكهربائية

13- تسارع جسم تتغير سرعته من $10m/s$ إلى $30m/s$ خلال $10s$ ؟

(أ) $3m/s$ (ج) $40m/s$

(ب) $20m/s$ (د) $2m/s$ ✓

14- ينطلق جسم من السكون بتسارع $2.5m/s$ ، احسب سرعته بعد $10s$ ؟

$$V_f = V_0 + at$$

(أ) $3m/s$ (ج) $40m/s$

(ب) $12.5m/s$ (د) $25m/s$ ✓

15- إحسب السرعة التي سيصل لها جسم بعد قطعه $10m$ ، إذا انطلق من السكون بتسارع $5m/s^2$ ؟

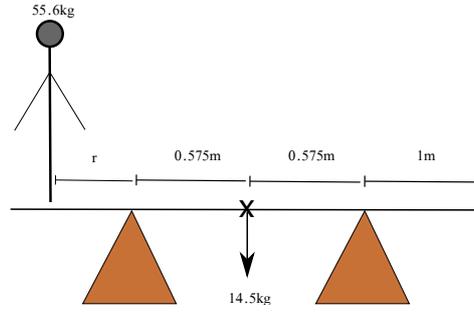
$$V_f^2 = V_0^2 + 2ax$$

(أ) $10m/s$ ✓ (ج) $15m/s$

(ب) $50m/s$ (د) $12m/s$

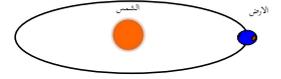
16- احسب قوة احتكاك صندوق كتلته $15Kg$ وعامل احتكاكه 0.3 أثناء دفعه على سطح أفقي؟ $f_k = \mu_k F_n$

الحركة الدورانية



- الحركة الدائرية
- العزم
- التوازن

عندما يتحرك جسم في مدار دائري مثل حركة القمر حول الأرض أو حركة عقرب الساعة، فإننا نحتاج إلى وصف هذه الحركة بطريقة فيزيائية لدراستها 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

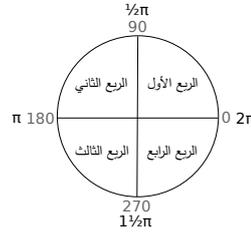
2.1 وصف الحركة الدورانية

2.1.1 الإزاحة الزاوية

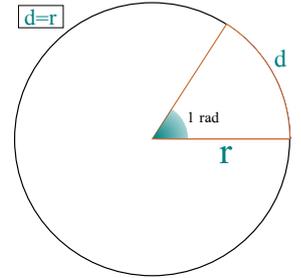
الإزاحة الزاوية هي الزاوية التي يقطعها الجسم أثناء حركته.

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

جدول 2.1: وحدات الحركة الزاوية



شكل 2.2: الزوايا



شكل 2.3: الراديان

والراديان هو وحدة الزوايا في النظام الدولي للوحدات ولهذا فإننا نستخدمه 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، θ الإزاحة الزاوية بوحدة راديان rad .

مثال 2.1.11 السؤال

$$d=r\theta$$

$$d=0.1 \times \pi$$

$$d=0.314m$$

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

الحل

$$\text{تعيين المعطيات: } \theta = \pi, r = 10cm = 0.1m$$

التطبيق:

النتيجة: المسافة التي قطعها طرف عقرب الساعات 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 2π ، وإذا أتمت دورتين تكون الإزاحة الزاوية 4π وهكذا، لنفرض أنها انجزت دورتين خلال دقيقة، إذا ستكون السرعة الزاوية $4\pi \text{ rad/min}$. تستخدم السرعة الزاوية في معرفة معدل دوران محركات السيارات، الطائرات، 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 m/s ، r نصف قطر الدائرة m ، ω السرعة الزاوية rad/s .

مثال 2.1.12 السؤال

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

$$v = r\omega \quad (\text{السرعة الخطية})$$

$$v = 1.2 \times 3$$

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

الحل

التطبيق:

$$v = 3.6m/s$$

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

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (\text{السرعة الزاوية})$$

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

2.1.3 التسارع الزاوي

التسارع الزاوي هو معدل السرعة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن. التسارع هو تغير في السرعة إما بالزيادة $+\alpha$ أو النقصان $-\alpha$ ، أما إذا كانت السرعة ثابتة عند قيمة معينة فإن التسارع يكون صفر.

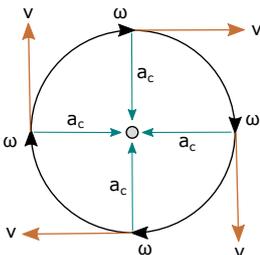
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad (2.5)$$

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

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

$$a_c = \omega^2 r$$

حيث a التسارع الخطي، r نصف قطر الدائرة، α التسارع الزاوي.



شكل 2.4: اتجاه التسارع الزاوي

حيث التسارع الخطي بوحدة m/s^2 ، والتسارع الزاوي بوحدة rad/s^2 ، ونصف القطر بوحدة m .

مثال 2.1.13 السؤال

من المثال السابق ، احسب التسارع الزاوي والتسارع

الخطي؟

الحل

$$a = r\alpha \quad (\text{التسارع الخطي})$$

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

$$a=1.5 \times 3$$

التطبيق:

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

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (\text{التسارع الزاوي})$$

النتيجة: التسارع الزاوية للمروحة 1.5 راديان/ثانية مربعة،
وتسارعها الخطي 4.5 متر/ثانية مربعة.

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

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. [13]

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

مثال 2.1.14 السؤال

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

تتحرك بكرة من السكون، بتسارع ثابت $2.6rad/s^2$ ،

بعد زمن 6s احسب السرعة الزاوية؟

الحل

$$=15.6rad/s$$

$$t=6s, \alpha=2.6m/s^2, \omega_0=0 \quad \text{تعيين المعطيات:}$$

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 2.1.15 السؤال

$$=46.8+0=46.8rad$$

من المثال السابق:

احسب الازاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال نفس

الزمن؟ احسب عدد الدورات؟

الحل

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

$$t=6s, \alpha=2.6m/s^2, \omega_0=0 \quad \text{تعيين المعطيات:}$$

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

التطبيق:

النتيجة: الازاحة الزاوية للجسم 46.8 راديان، وعدد الدورات 7.4 دورة.

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

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

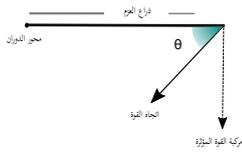
2.1.4 العزم

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

(1) القوة المؤثرة

(2) ذراع العزم

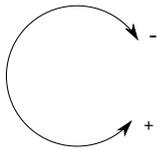
(3) زاوية القوة



شكل 2.5: العزم

* طريقة علمية

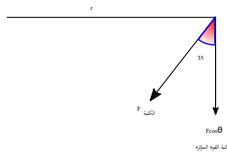
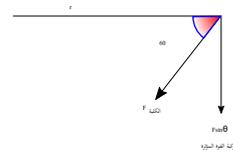
اختراع ارخميدس رافعة ضخمة لها ذراع طويلة على شاطيء بلده مالطا، مما ينتج عزمًا يقلب سفن الأعداء عند رسوها على الشاطيء.



شكل 2.8: اشارة العزم

$$\tau = Fr \times \sin\theta \quad (2.9)$$

حيث τ العزم وتنطق تاو ، F المركبة العمودية للقوة على ذراع العزم ، r طول ذراع العزم ، θ الزاوية بين اتجاه القوة وذراع العزم.

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

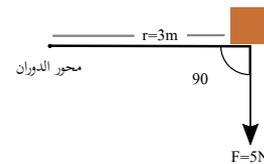
حيث وحدة العزم $N.m$ ، وحدة القوة نيوتن N ، وحدة طول ذراع العزم المتر m ، وتكون إشارة القوة + إذا كانت ذراع العزم تتحرك عكس عقارب الساعة، وتكون - إذا كانت الذراع تتحرك مع عقارب الساعة.

مثال 2.1.16 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 والاشارة السالبة تدل على اتجاه العزم.

والامثلة على العزم كثيرة، من مفكات البراغي والصواميل، إلى رافعة السيارة، والزرادية ω ، مروراً بفك الفم السفلي الذي يتحرك مسبباً 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).

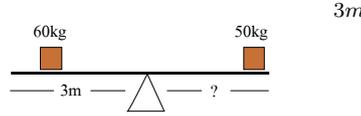
$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots = 0$$

مثال 2.1.17 السؤال

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

الحل

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



$$\tau_1 + \tau_2 = 0$$

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

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

$$180 = 50 r_{عمرو}$$

$$r_{عمرو} = \frac{180}{50} = 3.6m$$

التطبيق: سنعتبر أن عمرو يؤثر مع عقارب الساعة وزيد النتيجة: بعد عمرو عن نقطة الارتكاز يساوي 3.6متر.



شكل 2.9: التوازن [11]

2.2 الاتزان

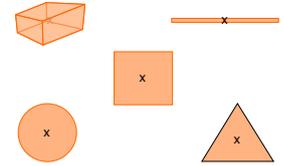
2.2.1 مركز الكتلة

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 غالباً 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 الأشكال الهندسية المنتظمة.

- إذا كان الجسم غير منتظم، نقوم بتعليقه من أي نقطة فيه وبعد أن يستقر، نرسم خط عمودي على الأرض 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 وغير 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 جداً، يستدير جسمه تلقائياً بحيث يصبح الرأس للأسفل والأرجل للأعلى.



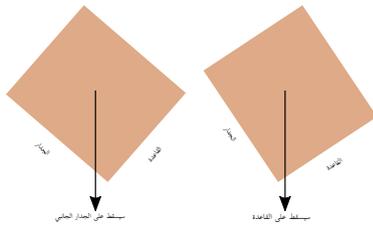
شكل 2.10: مركز الكتلة

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 قليلاً، وهي دراسة استقرار الأجسام المتحركة سواء كانت الحركة بسيطة موضعية مثل تحريك صندوق، أو حركة انتقالية مثل حركة السيارة.

مثلاً لو كان لدينا صندوق وأملناه بحيث يرتكز 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 عموماً 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 2.12: مركز الكتلة



شكل 2.11: حدوة الفرس

2.2.3 شرط الاتزان

يوجد شرطان للاتزان:

• أن يكون الجسم في حالة إتران إنتقالي (ساكن أو سرعته منتظمة).

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

- أن يكون الجسم في حالة إتزان دوراني .

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

ويمكن أن يكون الجسم متزن انتقاليا لكن غير متزن دورانيا مثل مروحة السقف حيث أنها ثابتة في مكانها (متزنة انتقاليا) لكنها تدور حول نفسها (عدم اتزان دوراني)، أو مثل حركة مقود السيارة بتأثر اليدين معا. ويمكن أن يكون الجسم متزن دوراني وغير متزن انتقاليا مثل سيارة تتسارع في خط مستقيم، حيث أن سرعتها غير منتظمة (غير ثابتة) لكنها لا تدور حول نفسها (متزنة دورانيا)، ويمكن أن تكون غير متزنة دورانيا وغير متزنة انتقاليا مثل كرة تقذف بشكل مبروم حيث تنطلق بتسارع (غير متزنة انتقاليا) وتدور حول نفسها (غير متزنة دورانيا) .

مثال 2.2.18 السؤال

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

الحل

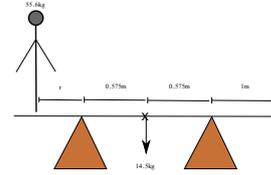
تعيين المعطيات: $m_{\text{الرجل}} = 55.6\text{Kg}$ ، $m_{\text{اللوح}} = 14.5\text{Kg}$ ، $r_{\text{مركز اللوح}} = 0.575\text{m}$ ،

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

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

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

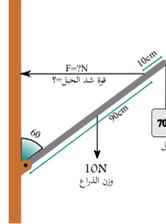
النتيجة: الرجل يبعد 0.15 متر عن طرف اللوح.



2.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

5- احسب قوة الشد في الحبل الموضح بالشكل ، إذا كان الذراع في حالة اتزان ؟



الحل

تعيين المعطيات: $\theta=60^\circ$
التطبيق:

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

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

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

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

6- وحدة العزم هي:

ج) N/m^2

أ) N

د) $N.m$

ب) N/m

7- الإزاحة الزاوية في كل دورة كاملة تساوي:

ج) 3π

أ) π

د) 4π

ب) $\sqrt{2}\pi$

8- مركز كتلة المربع يوجد في:

ج) الركن العلوي الأيسر.

أ) نقطة تقاطع قطريه. ✓

د) منتصف قاعدته.

ب) الركن العلوي الأيمن.

9- يكون الجسم الذي تؤثر عليه قوتين، في حالة اتزان إذا كانت:

ج) محصلة العزم تساوي

أ) محصلة العزم ومحصلة

صفر ومحصلة القوة لا

القوة = صفر ✓

تساوي صفر

ب) محصلة القوة صفر

د) محصلة القوة ومحصلة

ومحصلة العزم لا

العزم لا تساوي صفر

تساوي صفر

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: $t=1h=3600s$ ، $\Delta\theta=2\pi$ ، $r=22m$
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 علما أن طول الأكره عشر سنتيمترات؟



الحل

تعيين المعطيات: $r=10cm=0.1m$ ، $m=20Kg$
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 في الشهر؟

الحل

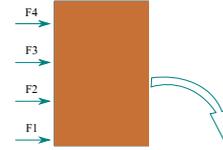
تعيين المعطيات: $r=384 \times 10^6 m$
التطبيق:

$$d = r\theta$$

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

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

10- أي القوى (المتساوية) التالية تحدث أكبر إمالة للجسم:



(ج) F_3

(أ) F_1

(د) F_4

(ب) F_2

11- إذا كانت الأرض تتم دورة واحدة خلال يوم، كم الإزاحة الزاوية التي تتمها خلال نصف يوم؟

(ج) $\frac{3\pi}{2}$

(أ) $\frac{\pi}{2}$

(د) 2π

(ب) π

12- جسم كتلته $5Kg$ يسير في مدار دائري بسرعة منتظمة، إذا كان يتم دورته في $4s$ ، فاحسب سرعته الزاوية؟

(ج) $\frac{\pi}{2}$

(أ) $\frac{\pi}{4}$

(د) 2π

(ب) $\frac{3\pi}{2}$

13- إذا كان العزم يساوي $60N.m$ وطول ذراع القوة $0.6m$ ، احسب القوة العمودية المؤثرة على الذراع؟

(ج) $100N$

(أ) $36N$

(د) $124N$

(ب) $60.6N$

14- جسم يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها $0.5m$ بسرعة $50m/s$ ، احسب سرعته الزاوية؟

(أ) $500rad/s$

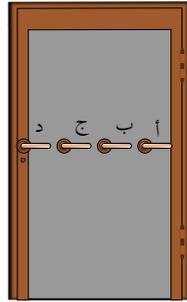
(ب) $25rad/s$

15- جسم يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها $2m$ بتسارع مركزي $8m/s^2$ ، احسب سرعته الخطية؟ $a_c = \frac{v^2}{r}$

(أ) $4m/s$

(ب) $16m/s$

16- أي أكره (يد الباب) تحتاج بذل قوة أقل لفتح الباب؟ $\tau = Fr$



(أ) أ

(ب) ب

(ج) ج

(د) د

17- إذا كانت الإزاحة الزاوية للمروحة $30\pi rad$ فهذا يعني أنها أتمت ... دورة؟

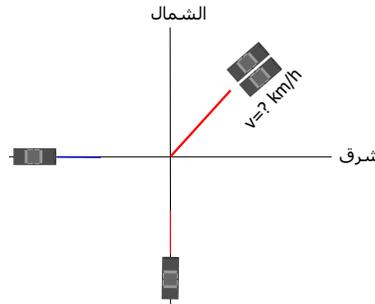
(أ) 30

(ب) 15

(ج) 1

(د) 6.5

الزخم وحفظه



- الدفع
- الزخم
- التصادم في بعد وبعدين

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 Δv 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 3.1.19 السؤال

1- أثرت بقوة مقدارها 100 نيوتن على سيارة لمدة 5 ثوان، فتحررت لمسافة 725 متر أوجد الدفع المبذول؟
 تعين المعطيات: $m=1000Kg$ ، $v_1=80km/h$ ، $v_2=100km/h$

الحل

التطبيق: تحويل السرعة من km/h إلى m/s

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

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

تعين المعطيات: $F=100N$ ، $t=5s$



التطبيق:

$$J = m\Delta v \quad (\text{الدفع})$$

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

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

$$=5550N.s$$

النتيجة: الدفع اللازم لزيادة سرعة السيارة 5550 نيوتن. ثانية.

$$J = F\Delta t$$

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

النتيجة: الدفع المبذول 500 نيوتن. ثانية.

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

الحل

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 3.1.20 السؤال

$$p = mv$$

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

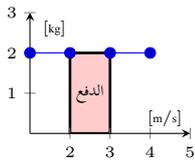
النتيجة: زخم القذيفة 120 كجم. متر/ثانية (نيوتن. ثانية).

تتحرك قذيفة مدفع كتلتها 4 كيلوجرام بسرعة 30 متر/ثانية، أحسب زخم القذيفة؟

الحل

تعين المعطيات: $m=4kg$ ، $v=30m/s$

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 ΔP).

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

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

حيث p_i الزخم الابتدائي، p_f الزخم النهائي .

مثال 3.1.21 السؤال

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

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

$$F \times 7 = 270$$

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

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

الحل

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

التطبيق:

النتيجة: القوة المؤثرة على الجسم تساوي 38.57 نيوتن.

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

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 الإتجاه.

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)

مثال 3.2.22 السؤال

إصطدمت كرة كتلتها 4kg ومتحركة بسرعة 8m/s باتجاه الشرق بكرة أخرى كتلتها 1kg ومتحركة بسرعة 3m/s باتجاه الشرق أيضا، إحسب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم إذا علمت أن سرعة الكرة الأولى أصبحت سرعتها 2m/s باتجاه الشرق ؟

التطبيق:

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

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

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

$$32 + 3 = 8 + v_b$$

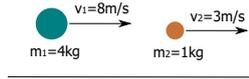
$$v_b = 35 - 8 = 27\text{m/s}$$

النتيجة: حيث أن السرعة موجبة، إذا الكرة الثانية تتحرك باتجاه الشرق بسرعة 27 متر/ثانية.

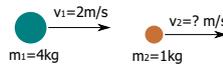
الحل

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

قبل التصادم



بعد التصادم



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.

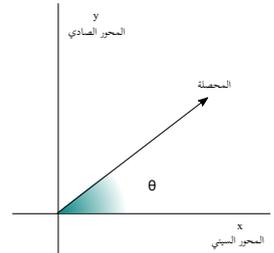
ولحساب محصلة الزخم لقتين ليستا على خط عمل واحد، نتبع الخطوات التالية:

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

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

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

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

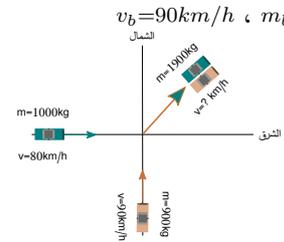
جدول 3.2: زاوية محصلة التصادم

مثال 3.2.23 السؤال

سيارة كتلتها 1000kg وسرعتها 80km/h باتجاه الشرق، اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها 900kg وسرعتها 90km/h باتجاه الشمال، فالتصقتا معا، وسارا لمسافة معينة، أوجد سرعتهما 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:

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

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

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

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

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

ثالثا نحسب محصلة الزخمين:

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

رابعا 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 \Leftarrow السيارتين في الربع الأول بعد التصادم.

خامسا نحسب سرعة الجسمين بعد التصادم:

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

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

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

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

النتيجة: سرعة السيارتين بعد التصادم 16.64m/s ثانية.

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

جدول 3.3: إشارات الموقع بعد التصادم

رمزها	الوحدة	رمزها	الكمية الفيزيائية	1
$N.s$	نيوتن. ثانية	J	الدفع	1
$N.s$	نيوتن. ثانية	P	الزخم	2

جدول 3.4: وحدات الزخم وحفظه

3.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

$$p=mv$$

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

6- سيارة كتلتها 800 kg وسرعتها 50 km/h باتجاه الشرق، اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها 750 kg وسرعتها 74 km/h باتجاه الشمال، فالتصقتا معاً، وسارتا لمسافة معينة، أوجد سرعتيهما واتجاهيهما بعد التصادم؟

الحل

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

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:

$$p_f = \sqrt{(12216)^2 + (15412)^2} \\ = 19666.22 \text{ kg.m/s}$$

زاوية المحصلة:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{15412}{12216} \right) \\ = 51.59^\circ$$

7- الزخم يساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في :

(أ) سرعته الزاوية (ج) تسارعه الزاوي

(ب) سرعته المتجهة ✓ (د) ازاحته الزاوية

8- جسم كتلته 50 Kg وزخمه 250 Kg.m/s ، احسب سرعته؟

$$p=mv$$

(أ) 5 m/s ✓ (ج) 250 m/s

(ب) 300 m/s (د) 20 m/s

9- إذا كانت كتلة جسمين متساوية، وسرعة الأول ضعف سرعة الثاني، فإن :

(أ) $\tau_1 = \tau_2$ (ج) $\tau_1 > \tau_2$ ✓

(ب) $\tau_1 < \tau_2$ (د) $\tau_1 \leq \tau_2$

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:

(أ) N (ج) J

(ب) $\checkmark N.s$ (د) $J.s$

3- إن زخم أي نظام معزول لا يتغير:

(أ) صحيح ✓ (ب) خطأ

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

الحل

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

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

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

الزخم قبل

$$P_i = m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ = 75 \times 4 + 0 = 300 \text{ N.s}$$

الزخم بعد

$$P_f = P_i = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ 300 = v_f (m_1 + m_2) = 100 v_f$$

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

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

الحل

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

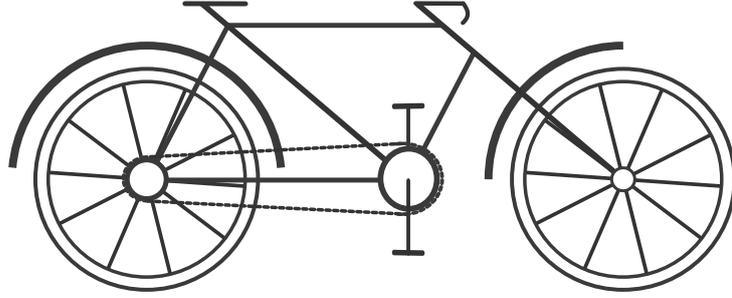
$$Ft = m_2 v_2' - m_1 v_1'$$

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

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

التدرّيات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 10- إذا اصطدم جسمان مختلفان في الكتلة والسرعة، ثم التهما ببعضهما بعد التصادم، فإن سرعتهما بعد التصادم ؟
- ج ($v_1 > v_2$) ا ($v_1 = v_2$) ب ($v_1 < v_2$) د ($v_1 \leq v_2$)



- الشغل والقدرة
- نظرية الشغل والطاقة
- الفائدة الميكانيكية

4.1 الشيغل والقدرة

4.1.1 الشيغل

الشيغل هو حاصل ضرب القوة في الإزاحة التي تحدثها القوة. 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 الشيغل جول J ، F القوة نيوتن N ، d الإزاحة متر m.

مثال 4.1.24 السؤال

1- أثرا بقوة مقدارها 10N على عربة صغيرة، فسببت

الحل

الحقيقية لمسافة 8 امتار؟
تعيين المعطيات: لأن القوة تؤثر بزاوية 35 درجة مع اتجاه الحركة، فإننا يجب أن نأخذ مركبتها الأفقية وليس القوة بالكامل.

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

التطبيق:

$$W = Fd$$

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

النتيجة: الشيغل الذي يبذله الرجل 131.06 جول.

لها إزاحة 5m، احسب الشيغل المبذول على العربة؟

الحل

$$d=5m, F=10N$$

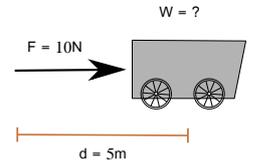
التطبيق:

$$W = Fd$$

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

النتيجة: الشيغل 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 درجة، احسب الشيغل الذي يبذله الرجل لسحب



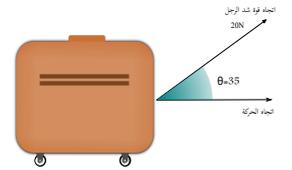
شكل 4.1: الشيغل

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: شيغل الحقيقية

مثال 4.1.25 السؤال

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

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

احسب طاقته الحركية؟

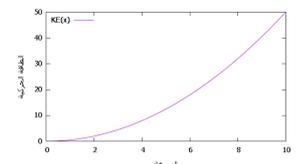
الحل

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

$$v=6m/s, m=3kg$$

التطبيق:

النتيجة: الطاقة الحركية للجسم 54 جول.



شكل 4.3: الطاقة الحركية

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 ، m الكتلة كيلوجرام ، v السرعة متر/ثانية .m/s

مثال 4.1.26 السؤال

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

الحل

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

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

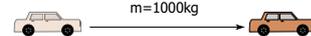
$$W = 216172.8\text{J}$$

تعيين المعطيات: $m = 1000\text{kg}$ ، $v_i = 50\text{km/h} =$

$$v_f = 90\text{km/h} = 25\text{m/s} \text{ ، } 13.88\text{m/s}$$

$$v_i = 50\text{km/h} \quad v_f = 90\text{km/h}$$

$$m = 1000\text{kg}$$



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 4.1.27 السؤال

إحسب قدرة رجل بذل شغلا مقداره 50J لمدة 20 السرعة للنظام الدولي؟
ثانية؟

الحل

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

الحل

تعيين المعطيات: $t = 20\text{s}$ ، $W = 50\text{J}$

التطبيق:

التطبيق:

$$P = Fv$$

$$= 100 \times 10 = 1000\text{watt}$$

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

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

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

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.

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{F_{\text{الخرج}}}{F_{\text{الدخل}}} = \frac{v_{\text{الدخل}}}{v_{\text{الخرج}}} \quad (4.6)$$

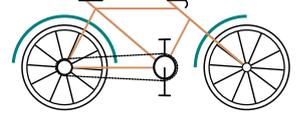
حيث MA الفائدة الميكانيكية بدون وحدة، F_r قوة المقاومة وحدتها نيوتن N ، F_e القوة المبذولة على الجسم وحدتها نيوتن N .

4.2.2 الفائدة الميكانيكية المثالية

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

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{d_{\text{الدخل}}}{d_{\text{الخرج}}} \quad (4.7)$$

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



شكل 4.4: الفائدة الميكانيكية للدراجة تساوي سرعة الدواسة مقسوما على سرعة العجلة الخلفية.

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 4.2.28 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 علما أن كفاءة الرافعة %90 ؟

الحل

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

التطبيق:

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

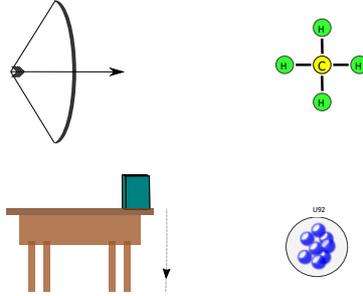
$$e = \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times 100$$

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: $v_f=80\text{km/h}$ ، $v_i=60\text{km/h}$ ، $m=1200\text{Kg}$
- التطبيق:
- $$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$
- $$= 0.5 \times 1200 \times \left(\left(\frac{80}{3.6} \right)^2 - \left(\frac{60}{3.6} \right)^2 \right)$$
- $$= 0.5 \times 1200 \times \left((22.222)^2 - (16.666)^2 \right)$$
- $$= 129637.03\text{J}$$
- 5- وحدة القدرة هي:
- (أ) \checkmark Watt (ب) J (ج) N (د) ليس لها وحدة
- 6- الفائدة الميكانيكية المثالية تكون الفائدة الميكانيكية:
- (أ) \leq (ب) $>$ (ج) \geq (د) $<$
- 7- جسم كتلته 2Kg وسرعته 1m/s ، احسب طاقته الحركية؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $F=450\text{N}$ ، $v=20\text{km/h}$
- التطبيق:
- $$P = Fv$$
- $$= 450 \times \frac{20}{3.6} = 2500\text{Watt}$$
- 2- يقوم قارب بجر متزلج بسرعة 20km/h وقوة جر $F=450\text{N}$ ، احسب القدرة المؤثرة على المتزلج؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $F=450\text{N}$ ، $v=20\text{km/h}$
- التطبيق:
- $$P = Fv$$
- $$= 450 \times \frac{20}{3.6} = 2500\text{Watt}$$
- 3- تقوم سيارة بسحب أخرى متعطل على طريق مستوي، فإذا كانت تبذل شغل مقداره 2500J لمدة 10min ، احسب القدرة المؤثرة على السيارة؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $t=10\text{min}=600\text{s}$ ، $W=2500\text{J}$
- التطبيق:
- $$P = \frac{W}{t}$$
- $$= \frac{2500}{600} = 4.16\text{Watt}$$
- 8- جسم وزنه 3000N رفع إلى الأعلى مسافة 9m ، احسب قدرة الشغل المبذول لمدة 10s ؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $IMA=9$ ، $F_r=75\text{N}$ ، $F_e=10\text{N}$
- التطبيق: نحسب الفائدة الميكانيكية MA
- $$MA = \frac{F_r}{F_e}$$
- $$= \frac{75}{10} = 7.5$$
- 9- لا يمكن أن تصل الكفاءة إلى 100% بسبب؟
- (أ) طول الجسم (ب) الحرارة المفقودة (ج) سعر الوقود (د) وزن الجسم
- 10- احسب الشغل المبذول لزيادة سرعة جسم كتلته 2Kg من سرعة 5m/s إلى 10m/s ؟
- (أ) \checkmark 75J (ب) 25J (ج) 15J (د) 5J
- ثم نحسب الكفاءة
- $$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$
- $$= \frac{7.5}{9} \times 100$$

الطاقة وحفظها



- الطاقة واشكالها
- قانون حفظ الطاقة
- التصادمات

5.1 الطاقة وأشكال الطاقة

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

أشكال الطاقة للطاقة أشكال 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 ، m الكتلة كيلوجرام kg ، v السرعة متر/ثانية m/s.

مثال 5.1.29 السؤال

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

احسب الطاقة الحركية لسيارة كتلتها 1200kg وتسير

بسرعة مقدارها 110km/h ؟

الحل

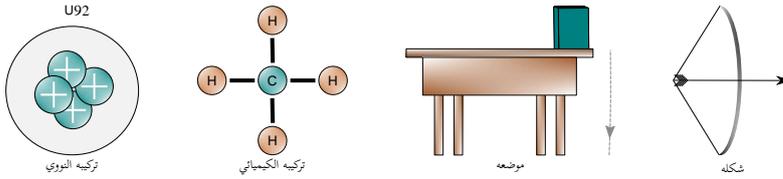
$$= \frac{1}{2} \times 1200 \times 30.55^2 = 559981.5\text{J}$$

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

النتيجة: الطاقة الحركية للسيارة تساوي 559 كيلوجول.

التطبيق:

5.1.2 الطاقة المخزنة



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 m/s^2 ، h الارتفاع وحدته متر m .

مثال 5.1.30 السؤال

$$PE=mgh$$

$$=4 \times 9.8 \times 30 = 1176 J$$

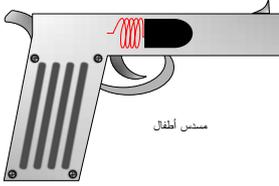
احسب طاقة الوضع الناشئة عن رفع جسم كتلته $4kg$ إلى ارتفاع $30m$ عن سطح الأرض؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=30m$ ، $m=4Kg$

النتيجة: طاقة الوضع التي اكتسبها الجسم 1176 جول.

التطبيق:



مسدس أطفال

شكل 5.2: طاقة الوضع المرورية

5.1.2.2 طاقة الوضع المرورية

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.

$$E_0 = mc^2 \quad (5.3)$$

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

مثال 5.1.31 السؤال

$$E_0=mc^2$$

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

احسب طاقة الوضع السكونية الناشئة عن تحويل $3kg$ من المادة إلى طاقة؟

الحل

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

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

التطبيق:

* طرفة علمية

الفريديس ذو المطرقة يصطاد فريسته بضرب كلابيه ببعضهما مولداً فقاعة يقطر 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 $7N$ وطاقة الوضع $3N$ في هذه اللحظة فإن الطاقة الميكانيكية لهما $10N$ ، وإذا تغيرت الطاقة الحركية إلى $6N$ فإن طاقة الوضع ستكون بالتأكيد $4N$ لأن مجموع الطاقة الميكانيكية في هذا النظام المعزول يجب أن تظل ثابتة وتساوي $10N$.

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 جزءاً صغيراً جداً من الطاقة، والنظام الوحيد المعزول هو الكون ككل¹.

¹ 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، ووحدها جميعا الجول J .

مثال 5.1.32 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 kg من أعلى شجرة ارتفاعها 12 m ، إحسب سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض ؟ (تجاهل الاحتكاك بالهواء)

الحل

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

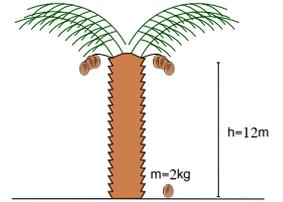
الطاقة الكامنة لحظة ملامسة الأرض = 0 ، لأن

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:

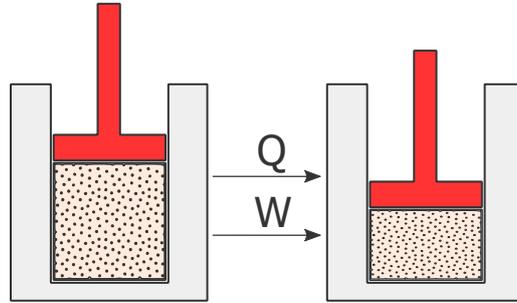
- 1 (التصادم فوق المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أكبر من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i < \sum KE_f$ ، مثل اصطدام قاذح الزناد بالرصاصه.
- 2 (التصادم المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم مساوي لمجموع الطاقة الحركية 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.

5.2 التدرّيات

التدرّيات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- يرغب فتية الكشافة في نصب سارية العلم التي ارتفاعها $4m$ والطاقة الحركية وكتلتها $10Kg$ ، احسب الشغل اللازم لذلك؟
- الحل**
 تعيين المعطيات: $m=10Kg$ ، $h=4m$
 التطبيق: * مركز كتلة السارية منتصفها.
 $W=mgh$
 $=10 \times 9.8 \times 2$
 $=196J$
- 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: $v=12m/s$ ، $m=5grams=5 \times 10^{-3}Kg$
 التطبيق:
 الطاقة الحركية
 $KE=\frac{1}{2}mv^2$
 $=\frac{1}{2} \times 0.005 \times 5^2$
 $=0.0625J$
 أقصى ارتفاع
 $PE=mgh$
 $0.0625=0.005 \times 9.8 \times h$
 $h=\frac{0.0625}{0.049}=1.27m$
- 3- انزلق طفل كتلته $40Kg$ على لعبة ترحلق إرتفاع قمتها عن الأرض $2m$ ، فوصل الأرض بسرعة $5m/s$ أوجد طاقة الاحتكاك المؤثرة عليه ؟
- الحل**
 تعيين المعطيات: $v=5m/s$ ، $h=2m$ ، $m=40Kg$
 التطبيق: طاقة الوضع الكامنة
 $PE=mgh$
 $PE=40 \times 9.8 \times 2=784J$
- 4- وحدة طاقة الوضع هي:
- طاقة الاحتكاك $E_{\text{الاحتكاك}} = PE - KE$
 $=784 - 500 = 284J$
- 5- أي من مصادر الطاقة التالية من مصادر الطاقة المتجددة:
- طاقة الوضع N (ج)
 Watt (ب)
 الشمس \checkmark (ا)
 الرياح \checkmark (ب)
 اليورانيوم (ج)
 سدود الأنهار \checkmark (د)
- 6- الطاقة التي يحتفظ بها الجسم :
- طاقة الوضع \checkmark (ا)
 الطاقة الحركية (ب)
 الطاقة الكهربائية (ج)
 الطاقة الكهرومغناطيسية (د)
- 7- التصادم الذي لا يصاحبه فقد أو اكتساب في الطاقة :
- تحت المرن (ا)
 فوق المرن (ج)
 المرن \checkmark (ب)
 عديم المرونة (د)

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.

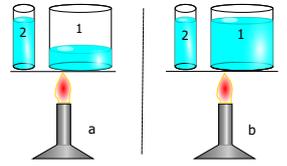
6.1.2 كمية الحرارة

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 ووضعنا في الأول لتر من الماء، ووضعنا في الثاني لتر من الماء، فإن مستوى الماء في الأناء الكبير سيكون بالتأكيد أقل من مستوى الماء في الأناء 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

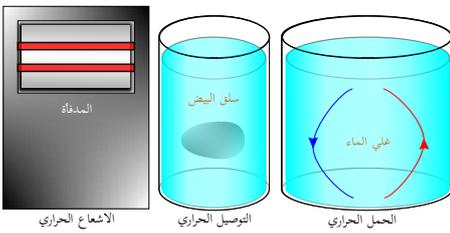
وكذلك بالنسبة لكمية الحرارة ودرجة الحرارة، فحين نرغب يتسخين كميتي ماء مختلفتين في الحجم من 10 درجات مئوية إلى 50 درجة مئوية فإن الكمية الأكبر تحتاج إلى كمية حرارة أكبر رغم تساوي درجة حرارتهما، والعكس صحيح، أي أن تساوي درجة حرارة الجسمين لا يعني بالضرورة تساوي كمية حرارتهما، وتساوي كمية حرارة جسمين لا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

6.1.4 الاتزان الحراري

الاتزان الحراري هو الحالة التي يصبح عندها معدل التدفق الحراري بين الجسمين متساوي، ودرجة حرارتهما متساوية 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:

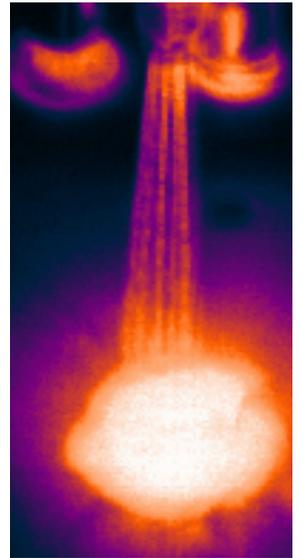


شكل 6.2: طرق التدفق الحراري

- الحمل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق حركة جزيئات المادة من مكان لآخر، مثل انتقال الماء الساخن من قعر الأناء إلى أعلاه، وانتقال التيارات الهوائية والمائية من خط الاستواء إلى القطبين.

- التوصيل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق تصادم الجزيئات ببعضها عند التلامس أو الخلط، مثل تسخين الملعقة بوضعها في الشاي الساخن، أو خلط ماء بارد وماء ساخن.

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



شكل 6.3: الماء الساخن يصدر الأشعة تحت الحمراء.

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.

$$Q = mC(T_f - T_i) \quad (6.1)$$

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

مثال 6.1.33 السؤال

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

الحل

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

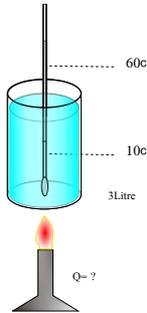
التطبيق:

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

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

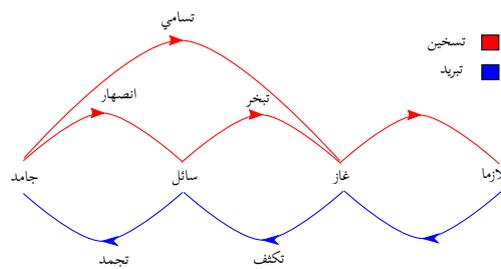
$$= 627 kJ$$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين هذا الماء 50° سلزيوس تبلغ 627 كيلوجول.



شكل 6.4: الحرارة النوعية والسعة الحرارية

6.2 حالات المادة



شكل 6.5: حالات المادة

تسخين
تبريد

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 [11]

6.2.1 الطاقة الكامنة للانصهار

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

$$Q = mH_f \quad (6.2)$$

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

مثال 6.2.34 السؤال

$$Q = mH_f$$

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

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

الحل

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

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.

$$Q = mH_v \quad (6.3)$$

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

مثال 6.2.35 السؤال

$$Q = mH_v$$

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

احسب كمية الحرارة اللازمة لتبخير 10 جرام من

الماء؟

الحل

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

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

التطبيق:

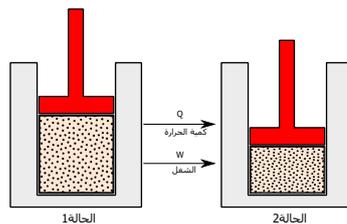
6.3 قوانين الديناميكا الحرارية

القانون الاول للديناميكا الحرارية

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

$$\Delta U = Q - W \quad (6.4)$$

حيث ΔU التغير في الطاقة الحرارية، Q كمية الحرارة المضافة ، W الشغل الذي يبذله الجسم.

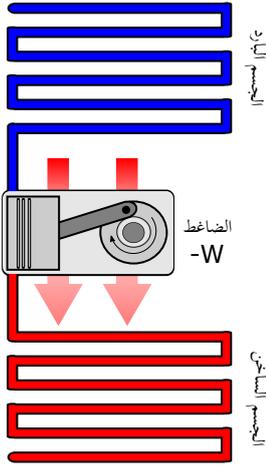


شكل 6.7: القانون الاول للديناميكا الحرارية [7]

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 يتزايد انتروبي أي نظام معزول مع الوقت ويميل الانتروبي للوصول إلى نهاية عظمى سواء في النظام المعزول أو في الكون، ويمكن تعريفه بأنه مقياس لزيادة الحركة العشوائية لمكونات النظام نتيجة ارتفاع درجة حرارته. فالماء حين يغلي تزداد حركة جزيئاته وهذا يسمى زيادة في الانتروبي، والكون يزداد اتساعه وتتباعده مجراته عن بعضها نتيجة زيادة حرارته (الحرارة الصادرة من النجوم).



شكل 6.8: الثلاجة

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

حيث ΔS التغير في الانتروبي، Q كمية الحرارة المضافة للجسم، T درجة حرارة الجسم بالكلفن.

مثال 6.3.36 السؤال

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؟ [3]

الحل

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

التطبيق:

النتيجة: التغير في الانتروبي يساوي -6.057×10^3 جول/كالفن.

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

6.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 5 لتر من الماء من 10 سلزيوس إلى 60 سلزيوس؟

الحل

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

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

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

$$=1045kJ$$

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

الحل

تعيين المعطيات: $H_f=60J/g$ ، $m=250g$ ،
التطبيق:

$$Q=mH_f$$

$$=250 \times 60 = 15000J$$

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: $d=2765m$ ، $m=70Kg$ ،
التطبيق: الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي

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

$$=121Cal \times 4.1868 = 506.6J$$

$$Q=mC\Delta T$$

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

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

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 المبدولة لحرق 3Kg من جسم الانسان؟

الحل

تعيين المعطيات: $C=4180J/Kg.^{\circ}C$ ، $m=3Kg$ ،

$$Q=3 \times 7000 \times 4.1868$$

$$=87922.8J$$

$$Q=mC\Delta T$$

التغير في درجة الحرارة

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

6- وحدة التغير في الانتروبي هي:

(أ) N (ج) J/s^2

(ب) $\sqrt{J/K}$ (د) $m.s^s$

7- الجسم الأسود المثالي هو جسم :

(أ) يمتص جميع الأشعة (ج) يعكس جميع الأشعة
الساقطة عليه (د) الساقطة عليه

(ب) يمتص جزء ويعكس (د) لا يمتص أو يعكس أي
جزء من الأشعة أشعة

8- الحرارة هي اشعاع موجات :

(أ) كهرومغناطيسية (ج) ميكانيكية

(ب) طولية (د) موقوفة

9- انتقال الحرارة في الفراغ بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية يسمى :

(أ) الاشعاع الحراري (ج) الحمل الحراري

(ب) التوصيل الحراري (د) التخزين الحراري

10- حول درجة الحرارة $70^{\circ}C$ إلى ما يقابلها في مقياس كالفن؟

$$K=C+273$$

(أ) $343^{\circ}K$ (ج) $300^{\circ}K$

(ب) $203^{\circ}K$ (د) $420^{\circ}K$

11- أي مما يلي يعتبر مادة ؟

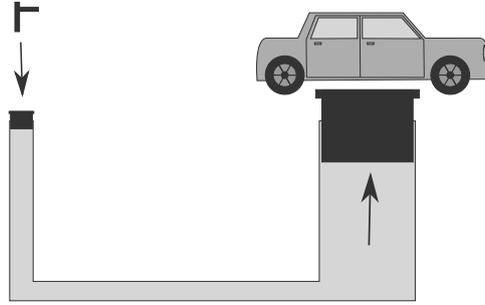
(أ) الدخان (ج) الموجات

(ب) الضوء (د) الحرارة

11- العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية للذرات ؟

(أ) تناسب طردي (ج) عكسي أحيانا

(ب) تناسب عكسي (د) طردي أحيانا



- القانون العام للغازات
- مبدأ أرخميدس
- التمدد الحراري

7.1 الموائع

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

7.1.0.1 ضغط السائل

الضغط هو القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات من المادة.

$$P = \frac{F}{A} \quad (7.1)$$

أي أن الضغط يزداد بزيادة القوة (الوزن)، وكذلك بنقصان المساحة التي تؤثر عليها القوة، ولهذا نجعل مساحة رأس المسامير صغيرة.

مثال 7.1.37 السؤال

$$= \frac{100}{2}$$

احسب الضغط الذي ينتج عن وضع ثقل مقداره 100N على سطح مساحته $2m^2$ ؟

$$= 50N/m^2$$

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $A=2m^2$

التطبيق:

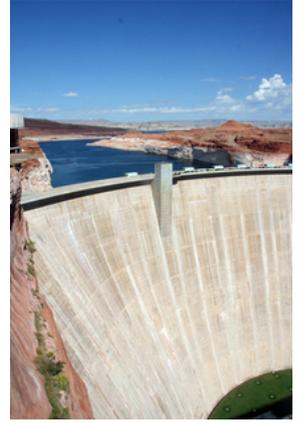
$$P = \frac{F}{A}$$

النتيجة: ضغط الجسم على السطح يساوي 50 نيوتن لكل متر مربع.

ضغط السائل عند نقطة هو وزن عمود السائل المؤثر على نقطة معينة.

$$P = h\rho g \quad (7.2)$$

حيث P ضغط السائل، h ارتفاع السائل، g تسارع الجاذبية الأرضية، ρ كثافة السائل.



شكل 7.1: السد [11]

مثال 7.1.38 السؤال

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

التطبيق:

الحل

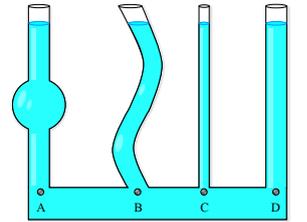
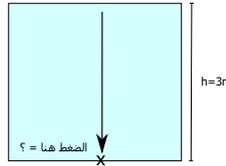
تعيين المعطيات: $h=3m$ ، $\rho=1000kg/m^3$

$$P = h\rho g$$

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

$$= 29400Pa$$

النتيجة: ضغط الماء على قاع المسبح يساوي 29.4 كيلوباسكال.



شكل 7.2: ضغط السائل عند جميع النقاط الأربعة متساوي، لأن ضغط السائل لا يتأثر بشكل الإناء وإنما بعمق السائل.

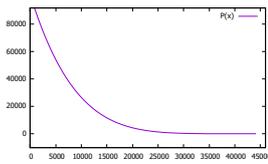
ويزداد ضغط السائل على النقطة كلما زاد عمقها فيه، ولهذا تكون السدود سميكة من أسفلها، لأن ضغط الماء على قواعدها أكبر من الضغط على قممها.

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 $100kN/m^2$ أو $760mmHg$ أو $760Torr$ ، الباسكال Pa يساوي N/m^2 ، لكن هذه القيمة تتأثر أيضاً بدرجة الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر، ويمكن حسابه بالقانون التالي.

* طريقة علمية

3

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



شكل 7.3: ينخفض الضغط الجوي بزيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{L \cdot h}{T_0}\right)^{\frac{g \cdot M}{R \cdot L}} \quad (7.3)$$

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

وكما في الرسم البياني، ينخفض الضغط الجوي بزيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر، إلى أن يساوي صفر عند $44000m$ تقريباً، علماً أن نهاية الغلاف الجوي وبداية الفضاء الخارجي تكون عند خط كارمان على ارتفاع 100 كم عن سطح البحر.

مثال 7.1.39 السؤال

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

$$= 90098.297 Pa$$

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: $h=1000m$

$$\Delta T = 1000 \times 0.0065$$

$$= 6.5^\circ K$$

التطبيق:

النتيجة: التغير في درجة الحرارة يساوي 6.5 كالفن.

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

7.1.1 قوانين الغاز

الغازات هي مواد في حالة غازية، أي أن جزيئاتها في حالة حركة انتقالية مستمرة نظراً لعدم وجود روابط بين جزيئاتها، وهذه الحركة عشوائية أو براونية¹، وتنشأ هذه الحركة نتيجة لتصادمات جزيئات الغاز ببعضها، ووجد أن الغازات تتأثر بثلاث عوامل رئيسية هي الحجم والضغط ودرجة الحرارة، ونتيجة لدراسة هذه العوامل تم التوصل لعدة قوانين مهمة.

7.1.1.1 قانون بويل

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

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{ثابت} \quad (7.4)$$

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



شكل 7.4: إذا أغلقنا مخرج حاوية ممتلئة بالهواء ثم كبسناها فإن حجم الغاز سيصغر بزيادة الضغط.

مثال 7.1.40 السؤال

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

غاز حجمه $100 cm^3$ وضغطه $101.3 kPa$ ، أوجد ضغطه عندما نجعل حجمه $80 cm^3$ مع ثبوت درجة الحرارة؟

$$101.3 \times 100 = P_2 \times 80$$

الحل

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

تعيين المعطيات: $P_1 = 101.3 kPa$ ، $V_1 = 100 cm^3$ ، $V_2 = 80 cm^3$

النتيجة: ضغط الغاز سيصبح 126 كيلوباسكال.

التطبيق:

¹ براون عالم نبات انجليزي لاحظ الحركة العشوائية لحبيبات اللقاح في الماء فسميت بإسمه.

7.1.1.2 قانون شارل

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

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

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

مثال 7.1.41 السؤال

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

$$\frac{25}{280} = \frac{V_2}{320}$$

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

النتيجة: حجم الغاز سيصبح 28.57 سنتيمتر مكعب.

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

الحل

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

التطبيق:



شكل 7.5: زيادة درجة الحرارة ستؤدي لزيادة الضغط ثم الانفجار لأن الحجم ثابت.

7.1.1.3 القانون العام للغازات

في بويل ثبتنا درجة الحرارة وفي شارل ثبتنا الضغط، لكن ماذا نفعّل إذا اردنا دراسة مثال مثل اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي، فدرجة الحرارة متغيرة والضغط متغير والحجم متغير؟، يتميز القانون العام للغازات بأنه يوضح العلاقة بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة دون ثبات أحدها.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{ثابت} \quad (7.6)$$

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.

مثال 7.1.42 السؤال

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

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

$$P_2 = \frac{101.3 \times 50 \times 340}{290 \times 70} = 119.76 \text{ Pa}$$

النتيجة: الضغط الناتج سيكون 119.76 باسكال.

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

الحل

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

التطبيق:

7.1.1.4 قانون الغاز المثالي

الغاز المثالي هو نموذج لغاز افتراضي (غير موجود) وضعه ماكسويل وبولتزمان لتسهيل دراسة الغازات، ويُفترض أن المسافات بين جزيئاته كبيرة نتيجة انخفاض ضغطه، وتتحرك جزيئاته عشوائياً وتتصادم ببعضها تصادماً مرناً. وتزداد دقة نتائج الغاز الحقيقي الموجود في حياتنا كلما زادت درجة حرارته وانخفض ضغطه.

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

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

$$PV = nRT \quad (7.8)$$

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

- من المولات إلى عدد جزيئات $KN = nR$

- من المولات إلى كتلة $m = Mn$

حيث m الكتلة، M الكتلة المولية.

مثال 7.1.43 السؤال

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

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

من المثال السابق أوجد عدد مولات غاز الهيليوم إذا علمت أن الكتلة المولية للهيليوم 4 g/mol ، ثم أوجد كتلة الغاز وعدد جزيئاته؟

الحل

تعيين المعطيات: $M = 4 \text{ g/mol}$

$$KN = nR \quad (\text{عدد الجزيئات})$$

التطبيق:

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

$$PV = nRT \quad (\text{عدد المولات})$$

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

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

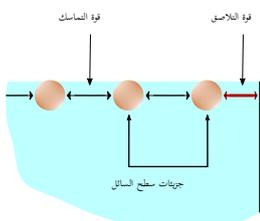
$$= \frac{101.3 \times 50 \times 10^{-6}}{8.31 \times 290}$$

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

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

النتيجة: عدد جزيئات غاز الهيليوم تساوي 1.26×10^{18} جزيء.

$$m = Mn \quad (\text{كتلة الغاز})$$



شكل 7.6: 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.

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

عندما تكون قوى التماسك أكبر من قوة التلاصق نلاحظ أن سطح السائل يميل للتحديد وضعف التصاقه بالسطح التي تلامسه مثل الزيتي 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.

*** طريقة علمية**

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



شكل 7.7: قوة التماسك والتلاصق

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (7.9)$$

$$\mu = \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

حيث F_2, F_1 القوة المؤثرة والقوة الناتجة، و A_1, A_2 مساحتي المقطع العرضي للمكبس الأول والثاني، μ الفائدة الميكانيكية، 1 المكبس الكبير، 2 المكبس الصغير.

مثال 7.3.44 السؤال

$$\frac{9800}{0.5} = \frac{F_2}{0.08}$$

$$F_2 = \frac{F_2 \times A_1}{A_2}$$

$$= \frac{9800 \times 0.08}{0.5}$$

$$= 1568N$$

$$\mu = \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (\text{الفائدة الميكانيكية})$$

$$\mu = \frac{9800}{1568}$$

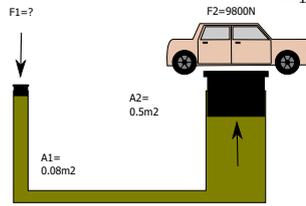
$$= 6.25$$

النتيجة: القوة المؤثرة على مكبس الرافعة الهيدروليكية تساوي 1568 نيوتن، والفائدة الميكانيكية 6.25 (من 100) أي غير جيد.

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 $0.5m^2$ ؟ ثم احسب الفائدة الميكانيكية للرافعة ؟

الحل

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



التطبيق:

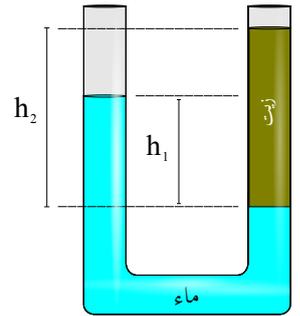
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (\text{القوة})$$

7.3.1.2 السوائل في الأنابيب المتشعبة

$$P_a + h_1 g \rho_1 = P_a + h_2 g \rho_2 \quad (7.10)$$

$$h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2 \quad (\text{عند تجاهل الضغط الجوي})$$

حيث h الارتفاع، P_a الضغط الجوي، g تسارع الجاذبية الأرضية، ρ الكثافة.



شكل 7.8: مستوى السائل الأقل كثافة يكون أعلى من مستوى السائل الأكبر كثافة.

مثال 7.3.45 السؤال

$$h_1 = \frac{h_2 \times \rho_2}{\rho_1}$$

$$= \frac{10 \times 1000}{800}$$

$$= 12.5cm$$

احسب ارتفاع الزيت الذي كثافته $800Kg/m^3$ ، إذا وضع مع الماء في أنبوب متشعب، علماً أن ارتفاع الماء $10cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\rho_1=800Kg/m^3$ ، $\rho_2=1000Kg/m^3$ ، $h_2=10cm$

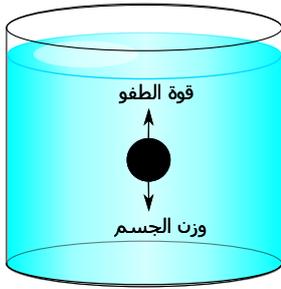
النتيجة: ارتفاع الزيت في الأنبوب المتشعب 12.5 سنتيمتر.

التطبيق:

$$h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2$$

7.3.1.3 قوة الطفو

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



شكل 7.9: مبدأ أرخميدس

$$F = \rho v g \quad (7.11)$$

حيث F قوة الطفو، ρ 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 \Rightarrow ينغمر الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم > قوة الطفو \Rightarrow يطفو الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم = قوة الطفو \Rightarrow يتعلق الجسم.

كيف نحسب قوة الطفو عملياً؟

بطريقتين:

- نقوم بوزن الجسم في الهواء، ثم نقوم بوزن الجسم داخل السائل (الوزن الظاهري)، ويطرح الوزنين نحصل على قوة الطفو: الظاهري - الوزن = $F_{\text{الطفو}}$.
- نقوم بوضع الجسم في إناء الإزاحة الممتلئ تماماً بالماء، ثم نقوم بوزن السائل المزاح، فيكون هذا الوزن مساوي لقوة الطفو.

* طريقة علمية

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

مثال 7.3.46 السؤال

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

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} v g$$

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

إذا التي 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:

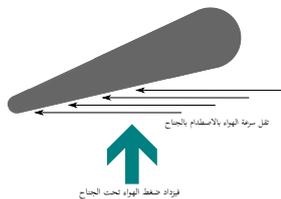
النتيجة: بما أن قوة الطفو $19600N$ أصغر من وزن المكعب $45080N$ \Rightarrow المكعب سينغمر.

$$v g_{\text{المكعب}} = \rho_{\text{المكعب}} v g_{\text{وزن}}$$

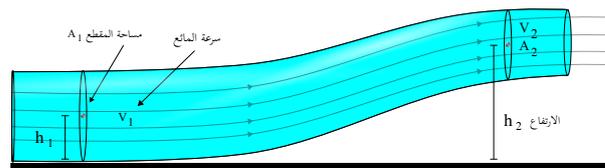
7.3.2 الموائع المتحركة

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 سرعتيهما، 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 بينها.



شكل 7.10: مبدأ برنولي



شكل 7.11: تدفق السائل في الأنابيب

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (7.12)$$

$$\rho A_1 V_1 = \rho A_2 V_2$$

$$Q = Av$$

حيث P ضغط السائل، و ρ كثافة السائل، و v سرعة السائل، h الارتفاع عن سطح الأرض، A مساحة المقطع، Q كمية السائل المناسب.

مثال 7.3.47 السؤال

أثرنا 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 1atm، والحقنة موضوعة بشكل أفقي، وكثافة الماء $1 \times 10^3 kg/m^3$ واعتبر أن سرعة المكبس الأول تقارب الصفر، احسب سرعة خروج السائل؟ [17]

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

ونجاهل الضغط الجوي لأنه يؤثر من الجهتين

$$P_1 - P_2 = \left(\frac{F}{A_1} + P_{atm}\right) - (P_{atm})$$

$$= \frac{F}{A_1}$$

$$= \frac{2}{2.5 \times 10^{-5}} = 8 \times 10^4 Pa$$

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

الحل

التطبيق:

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

$$: h_1 = h_2$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

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

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

* ومضة

ضغط الدم الطبيعي 80 Torr الضغط الانبساطي و 120 Torr الضغط الانقباضي لعضلة القلب.

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

7.3.2.2 خطوط الانسياب ونقطة الانفصال

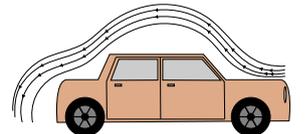
حين نمرر الهواء لإختبار انسيابية جسم ما مثل الطائرة أو السيارة فإن هذه الخطوط إما أن تكون متوازية وفي هذه الحالة نقول أن التدفق منتظم، أو تكون خطوط على شكل دوامات وفي هذه الحالة نقول أن التدفق مضطرب، ويكون تدفق المائع منتظم إذا كان:

- (1) لا يوجد احتكاك بين طبقات المائع.
- (2) معدل تدفق المائع ثابتة في جميع نقاط مساره.
- (3) سرعة المائع لا تساوي صفر عند أي نقطه في مساره.
- (4) لا يحتوي على دوامات.

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، لتشتيت الهواء لمسافة تدفع نقطة الانفصال من منتصف الطائرة إلى ذيلها، وهو ما يحميها من التآكل والتدمير عند السرعات العالية ويوفر من الوقود.



شكل 7.12: خطوط الانسياب

7.3.2.3 اللزوجة

اللزوجة هي خاصية في المادة تسبب مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل مما يعيق انزلاقها.

$$F = \eta \frac{Av}{d} \quad (7.13)$$

حيث η معامل اللزوجة وتنطق ايتا ووحدتها $N.s/m^2$ ، القوة F ، مساحة السطح A ، سرعة انزلاق السائل v ، المسافة بين اللوحين d .

الوحدة الشائعة للزوجة هي البواز $poise$ وتساوي $1 p = 0.1 N.s/m^2$.

من تطبيقات اللزوجة

الحمراء يدل على الانيميا، والغدد المخاطية في الجهاز التنفسي والهضمي تساعد على حمايته، ولزوجة الدم تحمي قرنية العين من التآكل بسبب رمش العين المستمر.

• في الميكانيكا، إن لزوجة زيوت التشحيم في السيارات وغيرها تساعد في التبريد والحماية من التآكل.

• في الطيران، إن زيادة سرعة الطائرة تزيد لزوجة الهواء ويصبح قادرا على حمل الطائرة.

• في الطب، إن نقصان سرعة ترسيب كريات الدم

• حماية الأرض، إن لزوجة الهواء تؤدي إلى إبطاء وحرق النيازك والشهب قبل اصطدامها بالأرض.

الماء	الهواء	درجة الحرارة
1.792 cp	171 μp	0°C
1.005 cp	181 μp	20°C
0.656 cp	190 μp	40°C
0.284 cp	218 μp	100°C

جدول 7.1: معامل لزوجة الهواء والماء لاحظ لزوجة الهواء تزداد بارتفاع درجة الحرارة. [6]

7.4 المواد الصلبة

7.4.1 التمدد الحراري للمواد الصلبة

التمدد هو عملية زيادة في حجم المادة نتيجة التغير في درجة حرارتها²، ويمكن أن تتمدد المواد الجامدة سواء أكانت هذه المواد لها بعد واحد مثل الأسلاك، أو لها بعدين مثل الصفائح المعدنية، أو لها ثلاثة ابعاد مثل مكعبات الحديد.



مكعب معدني



صفحة معدنية



سلك معدني

شكل 7.13: تمدد المواد الصلبة

7.4.2 معامل التمدد الطولي (α)

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

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \quad (7.14)$$

² بعض المواد تتمدد بالتبريد مثل الجليد والبيزوموث والانتيمون

مثال 7.4.48 السؤال

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

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

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

$$= 0.006m$$

النتيجة: الزيادة في طول القطعة 0.006 متر.

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

الحل

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

التطبيق:

* ومضة

- لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تعجل.

7.4.3 معامل التمدد الحجمي (β)

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

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T} \quad (7.15)$$

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

أمثلة على التمدد الطولي والحجمي

- تتقوس بالحرارة.
- زجاج الأفران والمختبرات الذي يتمدد بأقل ما يمكن.
- الثيرموستات الذي ينظم عمل البرادات والسخانات.
- تقلص النجوم عندما تبرد وتحولها لثقوب سوداء.
- 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

مثال 7.4.49 السؤال

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

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

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

$$= 2.15ml$$

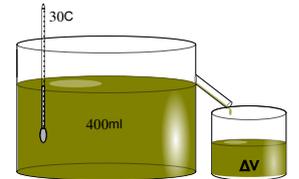
النتيجة: التغير في الحجم يساوي 2.15 ملي لتر.

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

الحل

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

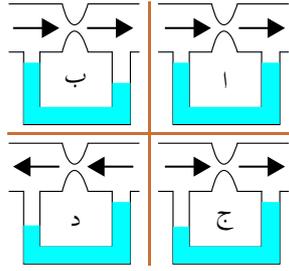
التطبيق:



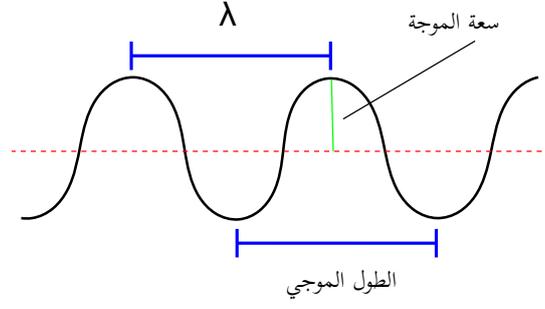
شكل 7.15: التمدد الحجمي

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

12- بناء على مبدأ برنولي أي الرسومات التالية صحيح ؟ ج



الاهتزازات والموجات

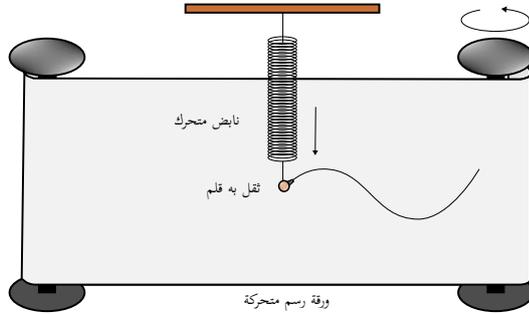


- الحركة الموجية
- قانون هوك
- الموجات

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



شكل 8.1: موجة النابض

* السيد نت



حين يتحرك النابض حركة توافقية بسيطة فإنه يرسم موجة لها قمة وقاع وتعرف بموجة الجيب (Sin) ، وحركة النابض نفسه للأعلى والأسفل عبارة عن موجة طولية مكونة من سلسلة من التضامعات والتخلخلات.

8.1.1.1 قانون هوك

إن مقدار التغير في طول النابض - التبرك- 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 الإسطالة أو الانضغاط في النابض.

مثال 8.1.50 السؤال

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

الحل

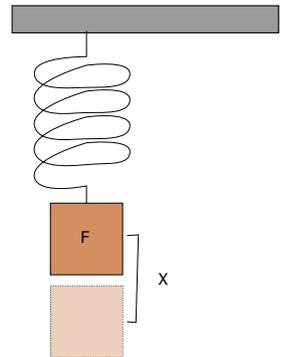
تعيين المعطيات: $F=2450N$ ، $x=0.5m$

التطبيق:

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

$$= \frac{2450}{0.5} = 4900N/m$$

النتيجة: ثابت النابض تساوي 4900 نيوتن/متر.



شكل 8.2: قانون هوك

8.1.1.2 طاقة الوضع المرورية للنابض

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

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

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

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

مثال 8.1.51 السؤال

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

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

حساب طاقة الحركة عند $12cm$:

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

$$= 0.51 - 0.072 = 44J$$

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: $K=10N/m$ ، $x=32cm$

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

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

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

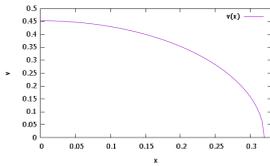
- حساب طاقة الوضع عند $12cm$:

8.1.1.3 سرعة النابض عند نقطة معينة

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

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

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



شكل 8.3: السرعة - السعة

مثال 8.1.52 السؤال

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

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

$$= 0.42m/s$$

النتيجة: سرعة النابض عندهما $0.45m/s$ و $0.42m/s$ على التوالي.

من المثال السابق احسب سرعة النابض عند $32cm$ و $12cm$ علما أن كتلة الثقل المعلق في النابض $5kg$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=5Kg$

التطبيق: - حساب السرعة عند $0.32m$:

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

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

- حساب السرعة عند $0.12m$:

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 8.1.53 السؤال

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

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

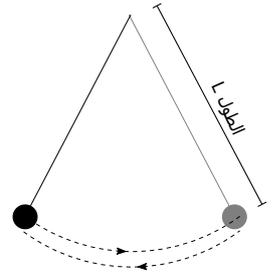
النتيجة: الزمن الدوري للبندول يساوي 1.57 ثانية.

احسب الزمن الدوري لبندول طوله 0.61m ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L=0.61m$

التطبيق:



شكل 8.4: البندول

8.2 أنواع الموجات

الموجات هي انتقال للطاقة على شكل اهتزازات. فمن منا لم يشاهد ما تفعله أمواج البحر على صخور الشاطئ، إن سطح البحر يهتز على شكل موجات تحمل طاقة اكتسبها من الطاقة الحركية للرياح، أو من حركة صفائح الأرض في ظاهرة التسونامي.

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. وتتكون الموجة الطولية من تضاعفات وتخلخلات. الموجات المستعرضة هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في اتجاه عمودي لاتجاه انتشار الموجات. وتتكون الموجة المستعرضة من قمم وقيعان. الموجات السطحية هي موجات سطح الماء التي تهتز فيها جزيئات الوسط في الاتجاه الرأسي والافقي معا، فموجة البحر تتحرك للأعلى والأسفل وفي نفس الوقت تتحرك باتجاه الشاطئ وترتد عنه. من الأمثلة على الموجات الميكانيكية، إهتزاز النابض، حركة البندول، الاصوات (صوت الإنسان، صوت الآلة، ...)، الشوكة الرنانة، حركة لعبة يستخدمها الأطفال مكونة من كرتين مربوطين بحبل وتحرك بحيث تصطدم الكرتين مصدر صوت عال.



شكل 8.5: الموجات السطحية [11]

8.2.2 الموجات الكهرومغناطيسية

الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات لا تحتاج لوسط مادي لانتقالها. والموجات الكهرومغناطيسية كثيرة في حياتنا، منها موجات الهاتف الجوال، وموجات مايكرويف الطبخ، وموجات ضوء المصابيح، وموجات القنوات الفضائية، موجات الأشعة السينية X التي تستخدم لتصوير العظام المكسورة، وموجات الأشعة فوق البنفسجية التي تستخدم لتطهير المياه وأدوات الحلاقة في محلات الحلاقين، وموجات الأشعة تحت الحمراء في جهاز الريموت كنترول، وموجات أشعة الليزر، وموجات القيزر المستخدمة في حرب النجوم.

8.3 خصائص الموجات

الطول الموجي هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين أو أي نقطتين متتاليتين تتحركان بكيفية واحدة (لهما نفس الطور)، ورمزه لمدى λ .

الإزاحة هي بعد الجسم المهتز في أي لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلي.

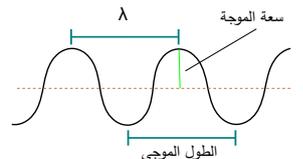
التردد هو عدد الاهتزازات التي يتمها الجسم في الثانية الواحدة، ورمزه نيو ν .

الطور هو الفرق الزاوي بين أي موجتين تتحركان على محور واحد.

الزمن الدوري هو الزمن اللازم لإتمام إهتزازة كاملة.

سعة الإهتزازة هي أقصى إزاحة تحركها الموجة عن موضع سكونها، أو هي المسافة بين نقطتين في مسار حركتها وتكون سرعة إحداها وأقصاها وسرعة الأخرى منعدمة، أي هي أقصى إزاحة عمودية عن مركز الاهتزازة (عمودية على اتجاه الحركة في المستعرضة، وعمودية في اتجاه الحركة في الطولية).

سرعة الموجة هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال وحدة الزمن.



شكل 8.6: الطول الموجي

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

حيث T الزمن الدوري، f التردد.

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

حيث λ الطول الموجي، f التردد، v سرعة الموجة.

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

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

مثال 8.3.54 السؤال

احسب سرعة الموجة في وتر كتلة وحدة الاطوال له
 $\mu=0.015\text{kg/m}$ والزمن الدوري للموجة $T=3\text{s}$ ؟

الحل

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

التطبيق:

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

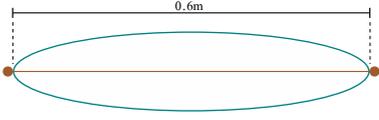
$$= \sqrt{200} = 14.14\text{m/s}$$

النتيجة: سرعة الموجة تساوي 14.14 متر/ ثانية .

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

8.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة



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

الحل

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

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

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

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

$$= 60N$$

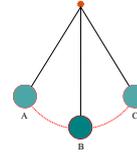
2- وحدة التردد هي:

(أ) Hz (ب) m/s (ج) s (د) m

3- جسم يهتز 60 مرة خلال 20 ثانية ، احسب تردده بالهيرتز :

(أ) 3 (ب) 40 (ج) 80 (د) 1200

4- إذا انتقل الجسم من B إلى C في الشكل، فإن طاقة الوضع:



(أ) تزداد (ب) تقل (ج) تبقى ثابتة (د) تساوي صفر

5- تشترك موجات الراديو والميكرويف في جميع الخصائص عدا:

(أ) تساويهما في الطول الموجي (ب) أنها تنتقل في الفراغ (ج) أنها تنتقل في الهواء (د) أنها تنتقل في الهواء

6- أشعة غاما عبارة عن :

(أ) موجات كهرومغناطيسية (ب) موجات كهرومغناطيسية (ج) جسيمات الفا (د) موجات طولية

7- كم الطول الموجي للوتر في الرسم التالي :

(أ) $1.2m$ (ب) $0.6m$ (ج) $3.6m$ (د) صفر

8- الطول الموجي لموجة ترددها $50Hz$ ، وتسير بسرعة $100m/s$ ؟

(أ) $2m$ (ب) $150m$ (ج) $0.5m$ (د) $50m$

9- أي الترددات التالية لها الطاقة الأعلى :

(أ) $25 \times 10^{12} Hz$ (ب) $35 \times 10^8 Hz$ (ج) $10 \times 10^{11} Hz$ (د) $8 \times 10^{12} Hz$

10- احسب الطول الموجي لموجة ترددها $25Hz$ ؟

(أ) $0.04m$ (ب) $25m$ (ج) $12.5m$ (د) $100m$

11- احسب تردد نابض يهتز 60 إهتزازة خلال 30s ؟ $f = \frac{\text{الاهتزازات عدد}}{t}$

(أ) $2Hz$ (ب) $90Hz$ (ج) $30Hz$ (د) $1800Hz$

12- في الموجات الكهرومغناطيسية :

(أ) يقل التردد بزيادة الطول الموجي (ب) يزداد التردد بزيادة الطول الموجي (ج) يزداد الطول الموجي بزيادة طاقتها (د) يقل التردد بزيادة طاقتها

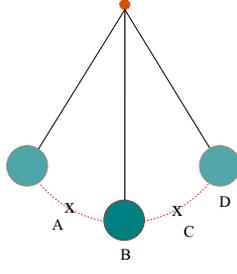
(أ) يقل التردد بزيادة الطول الموجي (ب) يزداد التردد بزيادة الطول الموجي (ج) يزداد الطول الموجي بزيادة طاقتها (د) يقل التردد بزيادة طاقتها

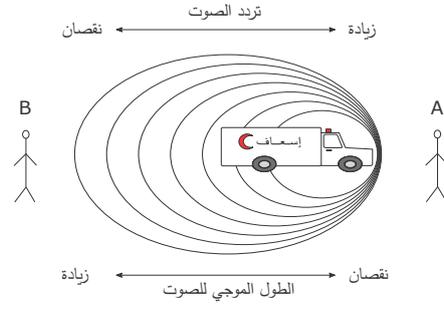
13- إذا كان طول البندول يساوي تسارع الجاذبية الأرضية، فإن زمنه الدوري يساوي؟ $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

(أ) $0.5\pi s$ (ب) πs (ج) $2\pi s$ (د) $1.5\pi s$

التدرّيبات عدد من الأسئلة للمراجعة

14- عند أي نقطة تكون سرعة البندول صفر؟ D





- خصائص الصوت
- تأثير دوبلر
- الرنين في الاوتار والانابيب

الصوت هو موجات طولية تهتز في نفس اتجاه انتشار الموجة وتحتاج لوسط مادي لانتقالها. ويسير الصوت على شكل كمات تسمى فونون *phonon* وتحسب طاقة الفونون بالقانون

$$E = h\nu \quad (9.1)$$

حيث E طاقة الفونون، و h ثابت بلانك، و ν التردد.

مثال 9.0.55 السؤال

$$=6.625 \times 10^{-34} \times 12000$$

$$=7.95 \times 10^{-30} J$$

النتيجة: طاقة فونون الموجة الصوتية $7.95 \times 10^{-30} J$ ، لاحظ أن طاقته صغيرة جداً وهذه نعمة كبيرة، فلو كانت طاقته عالية، لما استطاع الفقير أو المريض أن يتكلم أو يسبح أو يقرأ القرآن لأن طاقة جسمه ستستنفد.

احسب طاقة فونون موجة صوتية ترددها $12000 Hz$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.625 \times 10^{-34} J.s$ ، $\nu=12000 Hz$

التطبيق:

$$E=h\nu$$

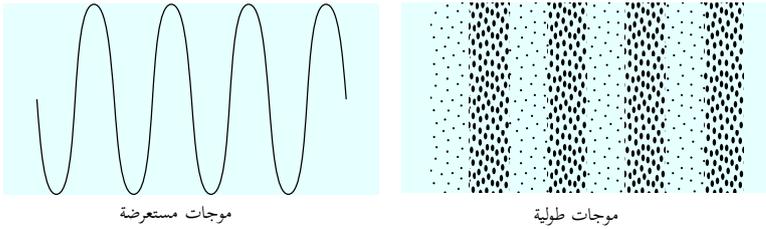
9.1 خصائص الصوت

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.

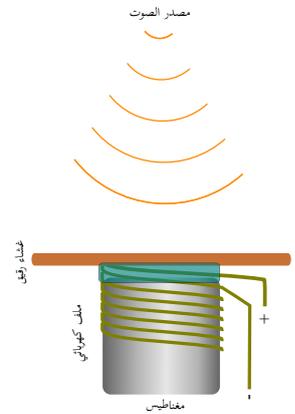


شكل 9.1: أنواع الموجات

9.1.2 الكشف عن موجات ضغط الصوت

- في الطبيعة: الأذن البشرية تقوم بموجات الصوت الطولية بالضغط على طبلة الأذن فتتحرك للداخل، وهذا يحرك عظام المطرقة والسندان والركاب على التوالي، ومنها إلى الأذن الداخلية التي تحتوي عضو كورتي المسئول عن عملية السمع والذي يحتوي 15 الف خلية شعرية سمعية.

- في الأجهزة: الميكروفون يحتوي المايك (اللاقط) على مغناطيس يحيط به ملف كهربائي، والملف ملصق بغشاء معدني أو بلاستيكي، فإذا وصل ضغط الموجة الصوتية إلى الغشاء فإنه يهتز محركا الملف حول المغناطيس، وهذا يولد تيار كهربائي صغير تستقبله الدائرة الكهربائية للاقط، ثم تضخمه للسماعة أو تحفظه كملف wav مثلا.



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.
- عند سن 70 سنة لا يتمكن معظم الناس من سماع الترددات الأعلى من 8000 هيرتز.
- الإنسان العادي يسمع الترددات من 20 - 20000

وتسمى الترددات الأعلى من 20000Hz بالموجات فوق الصوتية *UltraSound* والترددات الأقل من 20Hz بالموجات تحت السمعية *InfraSound*.

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

مستوى الصوت (شدة الصوت) هو مقياس لوغاريتمي لتغيرات ضغط الصوت. الديسبل عمليا هو كسب الجهد ويساوي $20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1}$ ، أو معدل الكسب لأي شيء.

مثال 9.1.56 السؤال

$$A_v = 20 \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$= 20 \times \log_{10} \left(\frac{12}{1.5} \right) = 16.97 db$$

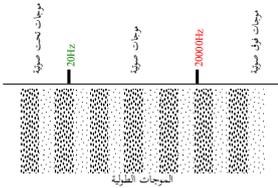
احسب كسب الجهد الأقصى الذي نحصل عليه عند تركيبنا لسماعة جهدها الكهربائي 12V ، والجهد الكهربائي للاقط (المايك) 1.5V ؟

الحل

$$V_2 = 12V , V_1 = 1.5V$$

النتيجة: إن مقدار كسب الجهد الأقصى الذي سنحصل عليه 17 ديسبل تقريبا من السماع.

التطبيق:



شكل 9.3: الموجات الطولية

- 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 0 ديسبل، و 60 ديسبل هو مستوى صوت الكلام العادي.
- أعلى مستوى صوت يمكن سماعه بدون ضرر للأذن 99 ديسبل.
- التعرض المستمر لمستوى صوت 100 ديسبل أو أكبر يؤدي إلى ضرر دائم لحاسة السمع.

9.2 سرعة الصوت

تتأثر سرعة الصوت بعوامل عدة منها درجة الحرارة وكثافة المادة وضغطها، وتبلغ سرعته 331m/s عند درجة حرارة 1°C وعند مستوى سطح البحر.

$$V_{\text{الصوت}} = 331 + 0.6 \times T_{\text{سليوس}} \quad (9.2)$$

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (\text{معادلة نيوتن-لابلاس})$$

حيث v سرعة الصوت، K معامل الحجم، ρ كثافة الوسط

معامل الحجم يعبر عن ممانعة المادة للضغط المنتظم عليها.

مثال 9.2.57 السؤال

1- موجة صوتية ترددها 200Hz ، احسب سرعتها وطولها الموجي في الهواء عند درجة حرارة 45°C ؟

الحل

تعيين المعطيات: $T=45^\circ\text{C}$

التطبيق:

$$V=331+0.6T$$

$$=331+27=358\text{m/s}$$

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

الطول الموجي

$$= \frac{358}{200} = 1.79\text{m}$$

النتيجة: سرعة الصوت عند 45 سلزويس تساوي 358 متر / ثانية وطوله الموجي 1.715 متر.

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

الحل

تعيين المعطيات: $t=0.8\text{s}$

التطبيق:

$$d=V \times t$$

$$=358 \times 0.4 = 143.2\text{m}$$

النتيجة: المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس للصوت تساوي 143.2 متر.

* ومضة

3

لحل المسألة:

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

مثال 9.2.58 السؤال

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{2.08 \times 10^9}{1000}}$$

$$= 1442.2\text{m/s}$$

احسب سرعة الصوت في الماء إذا علمت أن معامل الحجم للماء $2.08 \times 10^9 \text{Pa}$ وكثافة الماء 1000Kg/m^3 ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=2.08 \times 10^9 \text{Pa}$ ، $\rho = 1000 \text{Kg/m}^3$

التطبيق:

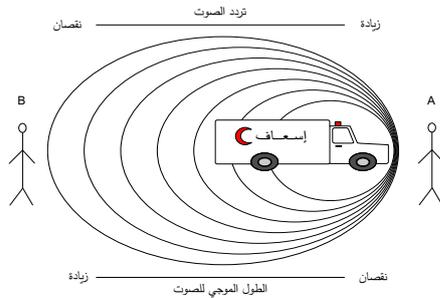
النتيجة: سرعة الصوت في الماء تساوي 1442.2 متر / ثانية.

معامل الحجم Pa	المادة
1.41×10^5	الهواء
4×10^{10}	الزجاج
4.42×10^{11}	الماس
2.08×10^9	الماء

جدول 9.1: معامل الحجم لبعض المواد.

9.3 تأثير دوبلر

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



شكل 9.4: تأثير دوبلر

قانون تأثير دوبلر

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) \quad (9.3)$$

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 9.3.59 السؤال

$$\begin{aligned} f_d &= f_s \left(\frac{V - V_d}{V - V_s} \right) \\ &= 365 \times \left(\frac{343 - (-25)}{343 - 0} \right) \\ &= 391.6 \text{ Hz} \end{aligned}$$

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

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

* ومضة

لحل مسائل تأثير دوبلر تتبع الخطوات التالية:

- 1- نكتب البيانات بحيث يكون المصدر على اليسار والمراقب على اليمين.
- 2- نحدد إشارة سرعة المصدر وسرعة المراقب بناءً على اتجاه الحركة على المحور x ، حيث الاتجاه لليمين موجب والاتجاه لليساو سالب.
- 3- نعوض في قانون تأثير دوبلر.

9.3.0.1 أمثلة على تأثير دوبلر

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

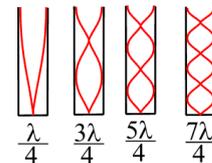
9.4 الرنين في الانابيب الهوائية والاورار

9.4.1 الرنين في الانابيب الهوائية

9.4.1.1 الرنين في الانابيب الهوائية المغلقة

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

جدول 9.2: تردد الرنين في الانابيب المغلقة



شكل 9.5: الأعمدة الهوائية المغلقة

نحسب طول الانبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{4} \quad (9.4)$$

حيث n عدد فردي $[n = (2 \times \text{الرنين}) - 1]$: 1، 3، 5، 7،



شكل 9.6: الشبكة الرنانة [1]

مثال 9.4.60 السؤال

طول أنبوب الهواء المغلق للرنين (5) يساوي :

الحل

$$L = \frac{9\lambda}{4} \quad \text{طول الأنبوب}$$

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

التطبيق:

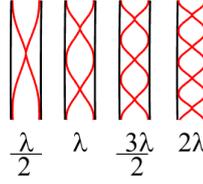
النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي $\frac{9\lambda}{4}$ متر.

$$n = (2 \times 5) - 1 \\ = 10 - 1 = 9$$

9.4.1.2 الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة

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

جدول 9.3: تردد الرنين في الانابيب المفتوحة



شكل 9.7: الأعمدة الهوائية المفتوحة

نحسب طول الأنبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{2} \quad (9.5)$$

حيث n عدد يساوي [الرنين = n]: 1 ، 2 ، 3 ، 4 ،

مثال 9.4.61 السؤال

طول أنبوب الهواء المفتوح للرنين (5) يساوي :

الحل

$$L = \frac{5\lambda}{2} \quad \text{طول الأنبوب}$$

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

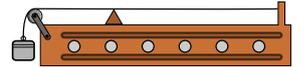
التطبيق:

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

$$n=5$$

9.4.1.3 الرنين في الاوتار

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



شكل 9.8: الصنومتر

(1) قوة الشد فيه. (2) كتلة وحدة الاطوال.

يستخدم جهاز الصنومتر لدراسة الأوتار في المختبر.

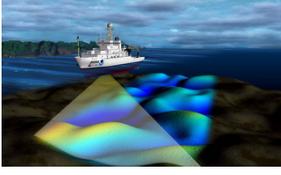
9.5 الموجات تحت الصوتية

الموجات تحت الصوتية هي موجات طولية ترددها أقل من 20 هيرتز وتوجد هذه الترددات في الطبيعة لدى بعض الكائنات الحية مثل الفيل والزرافة وشيطان البحر (الريشة)، حيث تقوم الفيلة والزرافات بالتحادث مع بعضها باستخدام أصوات ترددها أقل من 20 هيرتز، في حين تتخاطب الريشات مع بعضها بموجات

تحت صوتية تحدثها ضربات أجنحتها، وتستخدم الموجات تحت الصوتية لدراسة الزلازل والاستكشافات البترولية وتخطيط ذبذبات القلب لدراسة ميكانيكية عمله.

9.6 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 تجفيف الشعر (الاستشوار)، وفي أجهزة تفتيت حصوات الكلى، وأجهزة تفتيت الخلايا السرطانية (تجريبية).



شكل 9.9: سونار [11]

9.7 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

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

الحل

- 4- تتحرك سيارتان بنفس السرعة والاتجاه، فإذا كان تردد بوق السيارة الأولى $450Hz$ ، احسب تردد الصوت الذي يسمعه سائق السيارة الثانية، حيث سرعة الصوت $343m/s$:

تعيين المعطيات: $f_s=400$ ، $V_s=-20m/s$ ، $V_d=30m/s$ ، $V=343m/s$
التطبيق:

(ا) 450 ✓ (ج) 230

(ب) 343 (د) 510

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

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

$$= 344.9Hz$$

- 5- تستخدم الغواصات والسفن السونار لكشف الأعماق، فما هو نوع موجاته ؟

2- احسب سرعة الصوت في الفولاذ إذا علمت أن معامل الحجم له $1.6 \times 10^{11} Pa$ وكثافته $7870 Kg/m^3$ ؟

الحل

- (ا) تحت صوتية (ج) ليزر
(ب) صوتية (د) فوق صوتية ✓

تعيين المعطيات: $K=1.6 \times 10^{11} Pa$ ، $\rho=7870 Kg/m^3$
التطبيق:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.6 \times 10^{11}}{7870}}$$

$$= 4508.92m/s$$

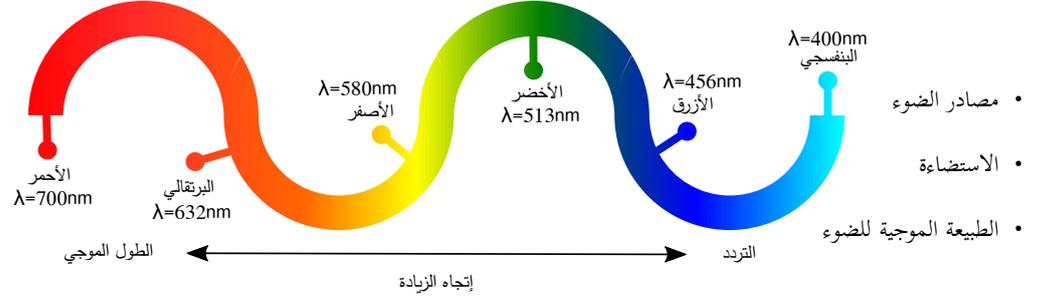
- 6- حيوان يستخدم الموجات تحت الصوتية في الاتصال مع جنسه ؟

(ا) الأسد (ج) الحصان

(ب) الزرافة ✓ (د) الثور

3- وحدة مستوى الصوت هي :

أساسيات الضوء



الضوء هو موجات كهرومغناطيسية مستعرضة ومرئية لها ترددها محصورة في المدى $400-700nm$.

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:

- اسطح شفافة تسمح بمرور الضوء ويمكن رؤية الاجسام من خلالها مثل زجاج النظارة.
- اسطح شبه شفافة تسمح بمرور بعض الضوء ويصعب رؤية الاجسام من خلالها مثل الورق الشفاف والزجاج الفلجي.
- اسطح معتمة لا تسمح بمرور الضوء ولا ترى الاجسام 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 ، وتعريف 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.

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

حيث P التدفق الضوئي.

الاستضاءة

هي كمية الضوء الساقطة على نقطة تبعد عن المصدر مسافة معينة.

ووحدها اللوكس أو lm/m^2 .

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

$$E = Er^2 = \text{شدة الإضاءة}$$

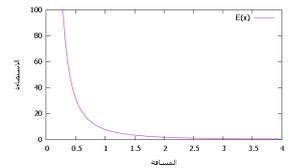
حيث E الاستضاءة، P التدفق الضوئي، r بعد الجسم عن مركز المصدر.

* هدف وجداتي

إن استخدام مصابيح Led يوفر في الطاقة ويحافظ على البيئة.

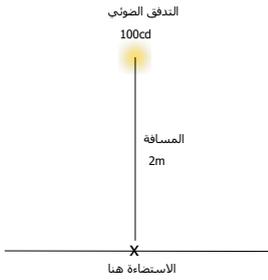
الاستضاءة	الاستخدام
80 – 170	المسودعات
200 – 300	الورش
500 – 700	المكتبات والمخبرات
1000 – 2000	صيانة الاجهزة الدقيقة والرسم الهندسي

جدول 10.1: الاستضاءة



شكل 10.2: الاستضاءة

مثال 10.0.62 السؤال



شكل 10.3: 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

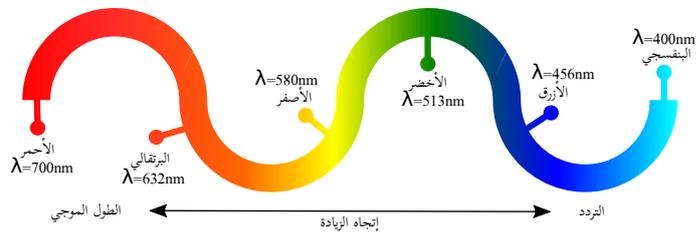
تعيين المعطيات: $P=100cd$ ، $r=2m$

التطبيق:

10.0.3 الطبيعة الموجية للضوء

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

الالوان



شكل 10.4: الوان 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 غيرنا 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، θ المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين.

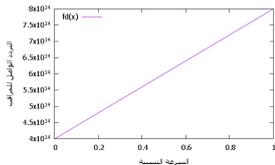
وقد استطاع مالوس من استخدام ظاهرة الاستقطاب في إثبات أن الضوء عبارة عن موجات مستعرضة، لها قمة وقاع، وهذا الذي منع بعض الموجات من العبور، في حين لو كان الضوء موجات طوليه لاستطاعت كل الموجات من العبور من المادة المستقطبة.

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 تردده 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.



شكل 10.5: الاستضاءة

مثال 10.0.63 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 ؟

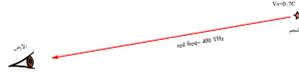
التطبيق:

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

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

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

الحل

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

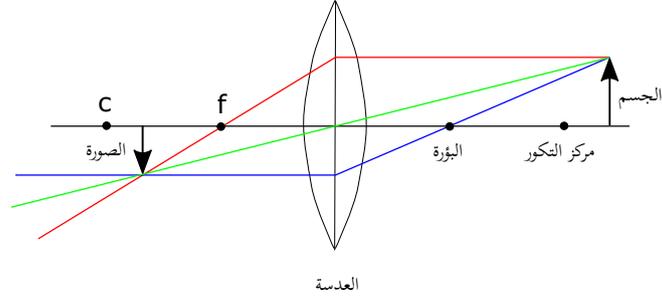
النتيجة: تردد الضوء الذي يستقبله الراصد يساوي 680×10^{12} هيرتز.

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:
- $$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$
- $$= \frac{350}{4\pi \times 9^2} = 0.344 lux$$
- 2- نجم يصدر ضوء أصفر تردده $f_s = 5.172 \times 10^{14} Hz$ ويقترّب من الأرض بسرعة تساوي $v_s = 2.6 \times 10^8 m/s$ ، احسب تردد الضوء الذي يستقبله الراصد على الأرض ؟
- الحل**
- تعيين المعطيات: $f_s = 5.172 \times 10^{14} Hz$ ، $v_s = 2.6 \times 10^8 m/s$ ،
التطبيق:
- $$f_d = f_s \left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$
- $$= 400 \times 10^{12} \times \left(1 + \frac{0.866}{1}\right)$$
- $$= 6.896 \times 10^{13} Hz$$
- 3- وحدة الاستضاءة هي:
- (أ) Lm (ج) Lux ✓
(ب) Cd (د) J
- 4- أي الألوان التالية أكبر في الطول الموجي:
- (أ) البنفسجي (ج) الأخضر
(ب) الأحمر ✓ (د) الأصفر
- 5- أشعة جاما عبارة عن:
- (أ) فوتونات ذات طاقة عالية. ✓
(ب) جسيمات موجبة النواة
(ج) جسيمات متفوتة الشحنة
(د) الكترونات تنبعث من النواة
- 6- لا يمكن لجسم أن يسبق ظله لأن الضوء:
- (أ) سرعته عالية. ✓
(ب) خطوطه مستقيمة
(ج) طاقته عالية
(د) لونه أبيض
- 7- اللون المتمم للون الأصفر:
- (أ) الأبيض (ج) الأحمر
(ب) الأخضر ✓ (د) الأزرق

المرايا والعدسات



- قوانين الانعكاس والانكسار
- العدسات الكروية
- المرايا الكروية

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

11.1 خصائص الضوء

11.1.1 سرعة الضوء

تبلغ سرعة الضوء $3 \times 10^8 m/s$.
يتم حساب سرعة الضوء¹ بالقانون:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

حيث μ_0 ثابت النفاذية في الفراغ (ثابت النفاذية المغناطيسية)، ϵ_0 ثابت السماحية الكهربائية.

مثال 11.1.64 السؤال

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}}$$

$$= 3 \times 10^8 m/s$$

احسب سرعة الضوء باستخدام ثابت السماحية الكهربائية وثابت النفاذية المغناطيسية؟

الحل

تعيين المعطيات: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H/m$ ، $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} Farad/m$

النتيجة: سرعة الضوء في الفراغ $3 \times 10^8 m/s$.

التطبيق:

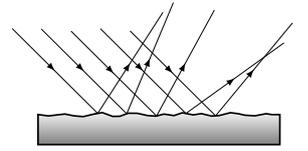
11.1.2 قانون الانعكاس

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.
انعكاس الضوء: إرتداد الضوء عن سطح مصقول.

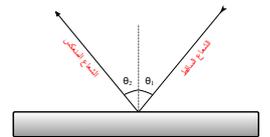
زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس

$$\theta_1 = \theta_2 \quad (11.1)$$

θ_1 زاوية السقوط و θ_2 زاوية الانعكاس.



شكل 11.1: السطح غير المصقول



شكل 11.2: قانون الانعكاس الأول

11.1.3 قانون الانكسار

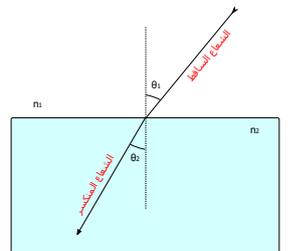
إنكسار الضوء²: عند إنتقال الشعاع الضوئي من وسط لآخر فإنه ينفذ للوسط الآخر مقترباً أو مبتعداً عن العمود المقام على الفاصل بين الوسطين.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (11.2)$$

حيث n معامل الإنكسار و θ_1 زاوية السقوط و θ_2 زاوية الإنكسار.

اقتراب وابتعاد الشعاع المنكسر من العمود المقام على الوسط الفاصل:

- ينكسر الضوء مقترباً إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أقل إلى وسط ذي معامل إنكسار أكبر ($n_1 < n_2$).
- ينكسر الضوء مبتعداً إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل ($n_1 > n_2$).



شكل 11.3: انكسار الضوء

¹ شرح تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء في فصل النظرية النسبية.
² يسمى قانون سنل أو قانون ديسكرايتس

مثال 11.1.65 السؤال

$$1 \times \sin \theta = 1.333 \times \sin 25$$

$$\sin \theta = 0.562$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.562) = 34.19^\circ$$

النتيجة: زاوية سقوط الشعاع الضوئي تساوي 34.19 درجة.

سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء فانكسر في الماء بزاوية 25 درجة، أوجد زاوية السقوط؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_2 = 1.333$ ، $n_1 = 1$

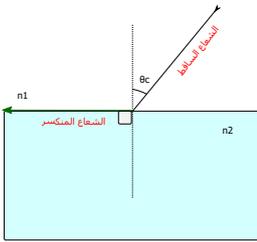
التطبيق:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

ويحسب معامل الانكسار المطلق n بقسمة سرعة الضوء في الفراغ على سرعته في المادة $n = \frac{c}{v}$.

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 انكساره إلى وسط أقل في معامل انكساره.



شكل 11.4: الزاوية الحرجة

المادة	n
الهواء	1.00293
الماء	1.333
الماس	2.419

جدول 11.1: معامل الانكسار لبعض المواد الشفافة.

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (11.3)$$

حيث θ_c الزاوية الحرجة و n_1 معامل انكسار الوسط الأول و n_2 معامل انكسار الوسط الثاني.

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 انكسار أكبر إلى وسط ذي معامل انكسار أقل ($n_1 > n_2$).
- ينكسر إذا كانت زاوية سقوطه أصغر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أكبر إلى وسط ذي معامل انكسار أقل ($n_1 > n_2$).
- ينكسر دائما عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أقل إلى وسط ذي معامل انكسار أكبر ($n_1 < n_2$) ولا توجد له زاوية حرجة.
- 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 منطبقا على الخط الفاصل بين الوسطين.

مثال 11.1.66 السؤال

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.333}\right) = 48.6^\circ$$

النتيجة: الزاوية الحرجة للماء تساوي 48.6° .

احسب الزاوية الحرجة للماء إذا كان الوسط الثاني هو الفراغ؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_2 = 1$ ، $n_1 = 1.33$

التطبيق:

ويمكن حساب معامل الانكسار المطلق n بدلالة الزاوية الحرجة $n = \frac{1}{\sin \theta_c}$. ومن الطرائف حول الزاوية الحرجة أن الماس يملك زاوية حرجة صغيرة تبلغ 19 تقريبا، وهذا يعني أن الضوء إذا اخترق سطح الماس فإنه يصبح غير قادر على الخروج منه، فيستمر في الاصطدام بالجدار الداخلي للماس محدثا التوهج المعروف للماس، حيث يتطلب خروج الضوء أن يسقط بزاوية أقل من 19 درجة وهذا يمثل $\frac{19}{90}$ ، أي 1 من كل 5 أشعة يستطيع الخروج، وهذا ما يجعل الماس غالبا لتوهجه، ويجعل الصاغة يقطعونه بشكل مضلع.

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 قوقل ومنظار الغواصة.
- التعرف على تركيب المواد الساخنة عن طريق طيف الضوء الصادر عنها، ومعرفة الغازات على أسطح النجوم (راجع فصل الفيزياء الذرية).



شكل 11.5: المنشور

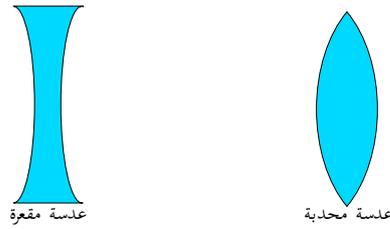
* هدف وجداني

عند سقوط اشعة الشمس على قطرات المطر المعلقة في الهواء يتكون قوس من ألوان الطيف، ويسمى خطأ بقوس قزح (قزح هو الشيطان)، والصحيح أن يسمى قوس المطر.

لاحظ من الرسم أن انحراف الشعاع الضوئي الخارج من المنشور يزداد بنقصان طول موجي، فالأحمر هو أقل الألوان انحرافاً لأنه أعلاها طولاً موجياً، والبنفسجي هو أكبرها انحرافاً لأن طول موجي هو الأدنى.

11.3 العدسات الكروية

العدسات الكروية هي أجسام شفافة لها أسطح جانبية كروية الشكل، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإننا نسميها عدسة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها عدسة محدبة.



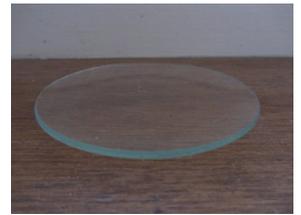
شكل 11.6: أنواع العدسات

11.3.1 العدسات المحدبة

العدسات المحدبة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضاً 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 11.2: صفات الصور في العدسات



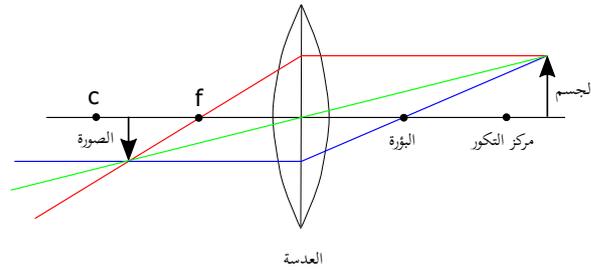
شكل 11.7: عدسة محدبة تجميع الضوء وتركزه في نقطة تسمى البؤرة. [11]

* 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:

* طريقة علمية

يمكن استخدام العدسات المحدبة لإشعال النار، حيث يتجمع ضوء الشمس في البؤرة.



شكل 11.8: رسم الصورة

* ومضتة

عدسة فرنيل هي صورة مضغوطة من العدسات المحدبة وذات كفاءة عالية.

- 1) خط يخرج من رأس الجسم ويمر في قطب المرآة بشكل مستقيم.
- 2) خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينكسر مواز لمحور العدسة.
- 3) خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور العدسة وينكسر ماراً بالبؤرة.

حالات تكون الصور في العدسات:

الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
1	في المالا نهاية	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
2	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
3	عند مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومساوية	
4	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	

جدول 11.3: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 1

الرقم	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
5	في البؤرة	ففي المالا نهاية	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
6	بين البؤرة والقطب	خلف الجسم	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 11.4: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 2

11.3.2 العدسات المقعرة

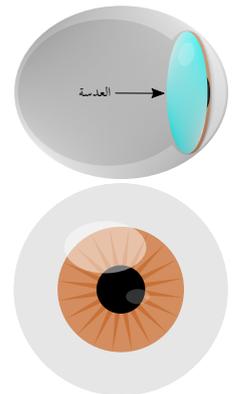
العدسات المقعرة تسمى بهذا الأسم لأن سطحها مقعر إلى الداخل وتسمى أيضا بالعدسات المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشتيته، وعند وضع جسم أمام العدسة المقعرة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.

الرقم	صفات الصورة	الرسم
	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

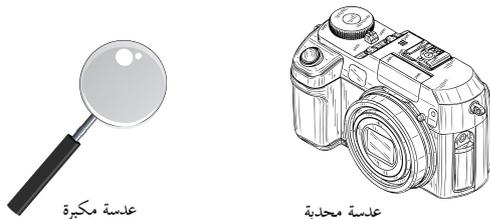
جدول 11.5: حالات تكون الصور في العدسات المقعرة

11.3.3 تطبيقات على العدسات

تستخدم العدسات بشكل واسع في حياتنا اليومية، فالعدسات المحدبة تستخدم في النظارة الطبية (طول النظر) والكاميرا والبروجكتر والعدسة المكبرة المفردة وعدسات مصابيح بعض السيارات، كما تستخدم في التلسكوب والمجهر وعين الانسان، اما العدسات المقعرة فتستخدم في في النظارة الطبية (قصر النظر) وخطوط المساحة الليزرية.



شكل 11.9: العين



شكل 11.10: تطبيقات على العدسات

* طريقة علمية

كان الفيزيائي الحسن بن الهيثم يستخدم صندوقا لتكوين الصور داخله وسماه القمرة، ومنها اشتق مسمى الكاميرا

11.4 القانون العام للعدسات والمرايا

سُمي 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		دائما	عدسة محدبة
دائما		جسم خيالي	جسم حقيقي	دائما		عدسة مقعرة
دائما		جسم خيالي	جسم حقيقي	دائما		مرآة محدبة
صورة خيالية	صورة حقيقية	جسم خيالي	جسم حقيقي		دائما	مرآة مقعرة

جدول 11.6: 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، والأشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

$A < 1$	$A = 1$	$A > 1$
الصورة مصغرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مكبرة

جدول 11.7: قيم تكبير العدسة

* ومضة

لحل المسألة:

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

مثال 11.4.67 السؤال

إذا وضع جسم على بعد 10 سنتيمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $d_o = 10\text{cm}$ ، $f = 4\text{cm}$

التطبيق:

$$A = -\frac{d_i}{d_o} \quad (\text{حساب تكبير الصورة})$$

$$A = -\frac{6.66}{10} = -0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وتبعد 6.66 سنتيمتر، والأشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (\text{حساب بعد الصورة})$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{4} - \frac{1}{10}$$

مثال 11.4.68 السؤال

يقف رجل على بعد 3 أمتار من عدسة مقعرة بعدها
البؤري 200 سنتيمتر ، فأوجد بعد الصورة عن العدسة
وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=2m$ ، $d_o=3m$

التطبيق:

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{6}$$

$$d_i = \frac{6}{1} = 6m$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o} \quad (\text{حساب تكبير الصورة})$$

$$A = -\frac{6}{3} = -2$$

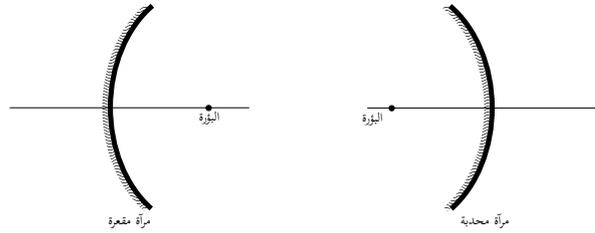
النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وتبعد 6 سنتيمتر ، والاشارة
السالبة تدل على أنها مقلوبة.

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{d_i} \quad (\text{حساب بعد الصورة})$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3}$$

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 11.11: أنواع المرايا

11.5.1 المرايا المقعرة

المرايا المقعرة تسمى بهذا الأسم 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:

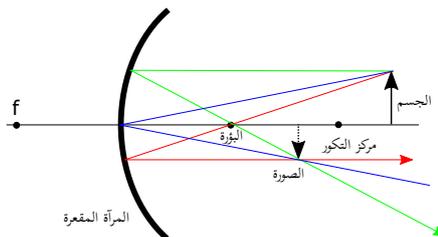
(1) خط يخرج من رأس الجسم وينعكس عن قطب المرآة بزواوية مساوية لزواوية السقوط.

(2) خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينعكس مواز لمحور المرآة.

(3) خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور المرآة وينعكس ماراً بالبؤرة.

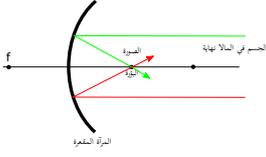
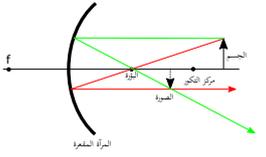
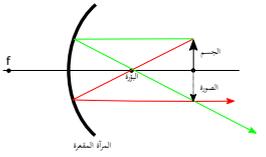
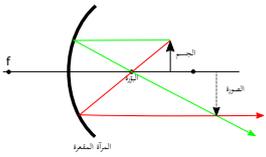
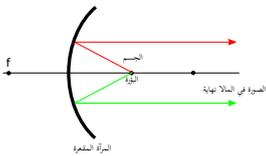
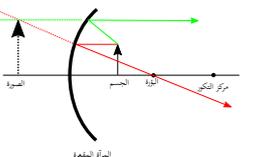
الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

جدول 11.8: صفات الصورة



شكل 11.12: رسم الصورة في المرآة المقعرة

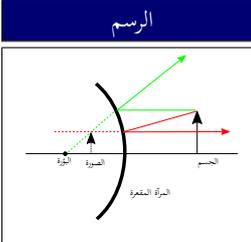
حالات تكون الصور في المرايا:

الرسم	صفات الصورة	الصورة	الجسم	
	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	في البؤرة	في الما لا نهاية	1
	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور	2
	حقيقية ومقلوبة ومساوية	عند مركز التكور	عند مركز التكور	3
	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	خلف مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور	4
	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	في اتجاه الجسم	عند البؤرة	5
	خيالية ومعتدلة ومكبرة	خلف الجسم	بين البؤرة وقطب المرآة	6

جدول 11.9: 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.

الرسم	صفات الصورة
	خيالية ومعتدلة ومضغفة

جدول 11.10: 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 المرآة بالمرآة على مر العصور، أما أقدم الاستخدامات المذكورة في التاريخ - إن صححت 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 المرآة بإتجاه 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 11.13: مرآة مصباح الطيب

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		
-	+	-	+	-	+	
صورة خيالية	صورة حقيقية	جسم خيالي	جسم حقيقي		دائما	عدسة محدبة
دائما		جسم خيالي	جسم حقيقي	دائما		عدسة مقعرة
دائما		جسم خيالي	جسم حقيقي	دائما		مرآة محدبة
صورة خيالية	صورة حقيقية	جسم خيالي	جسم حقيقي		دائما	مرآة مقعرة

جدول 11.11: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

11.6.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

$A < 1$	$A = 1$	$A > 1$
الصورة مصغرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مكبرة

جدول 11.12: قيم تكبير العدسة

$$A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \quad (11.7)$$

حيث A تكبير الصورة، h_o ارتفاع الجسم، h_i ارتفاع الصورة، والاشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

مثال 11.6.69 السؤال

1- إذا وضع جسم على بعد 10 سنتيمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟
 2- يقف رجل أمام على بعد 3 أمتار من مرآة مقعرة بعدها البؤري 200 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=4cm$ ، $d_o=10cm$

التطبيق:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (\text{بعد الصورة})$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{4} - \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{3}{20}$$

$$d_i = \frac{20}{3} = 6.66cm$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o} \quad (\text{تكبير الصورة})$$

$$A = -\frac{6.66}{10} = -0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 6.66 سنتيمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

الحل

تعيين المعطيات: $f=2m$ ، $d_o=3m$

التطبيق:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (\text{بعد الصورة})$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3}$$

$$d_i = \frac{6}{1} = 6m$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o} \quad (\text{تكبير الصورة})$$

$$A = -\frac{6}{3} = -2$$

النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 6 متر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

* ومضة

لحل المسألة:

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

11.7 التدريبات

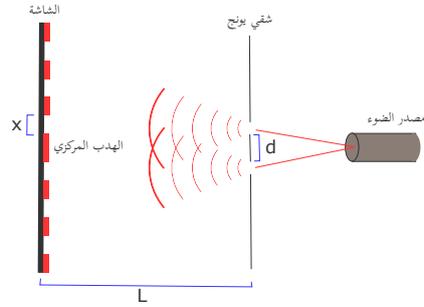
التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء بزاوية 32 درجة، أوجد زاوية الانكسار؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $n_2=1.33$ ، $\theta_1=32^\circ$ ، $n_1=1$
- التطبيق:
- $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$
- $$\sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}$$
- $$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times \sin 32^\circ}{1.33}\right)$$
- $$\theta_2 = 44.813^\circ$$
- 2- إذا وضع جسم على بعد 12 سنتيمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 7 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $f=7cm$ ، $d_o=12cm$
- التطبيق: حساب بعد الصورة:
- $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{7} = \frac{1}{12} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{7} - \frac{1}{12}$$
- $$\frac{1}{d_i} = \frac{5}{84}$$
- $$d_i = \frac{84}{5} = 16.8cm$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{16.8}{12} = -1.4$$
- أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 16.8 سنتيمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.
- 3- يقف رجل أمام على بعد 35 سنتيمتر من مرآة مقعرة بعدها البؤري 9 سنتيمتر، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $f=9cm$ ، $d_o=35cm$
- التطبيق: حساب بعد الصورة:
- $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{9} = \frac{1}{35} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{9} - \frac{1}{35}$$
- $$\frac{1}{d_i} = \frac{26}{315}$$
- $$d_i = \frac{315}{26} = 12.11m$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{12.11}{35} = -0.34$$
- أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 12.11 سنتيمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.
- 4- الصورة في المرايا المحدبة تكون:
- 1- سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء بزاوية 32 درجة، أوجد زاوية الانكسار؟
- 5- تضخيم الضوء بواسطة الانعاث المحرض للأشعة هو :
- الحل
- تعيين المعطيات: $n_2=1.33$ ، $\theta_1=32^\circ$ ، $n_1=1$
- التطبيق:
- $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$
- $$\sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}$$
- $$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times \sin 32^\circ}{1.33}\right)$$
- $$\theta_2 = 44.813^\circ$$
- 6- يحدث الانعكاس الكلي الداخلي للضوء عندما تكون زاوية السقوط الزاوية الحرجة :
- الحل
- تعيين المعطيات: $n_2=1.33$ ، $\theta_1=32^\circ$ ، $n_1=1$
- التطبيق:
- $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$
- $$\sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}$$
- $$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times \sin 32^\circ}{1.33}\right)$$
- $$\theta_2 = 44.813^\circ$$
- 7- في تكون الصورة وهمية (خيالية) ومعكوسة جانبيا وطول الصورة مساوي لطول الجسم :
- الحل
- تعيين المعطيات: $f=7cm$ ، $d_o=12cm$
- التطبيق: حساب بعد الصورة:
- $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{7} = \frac{1}{12} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{7} - \frac{1}{12}$$
- $$\frac{1}{d_i} = \frac{5}{84}$$
- $$d_i = \frac{84}{5} = 16.8cm$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{16.8}{12} = -1.4$$
- أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 16.8 سنتيمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.
- 8- على أي بعد يجب أن نضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 10cm لكي تتكون لها صورة على بعد 12cm ؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $f=10cm$ ، $d_i=12cm$
- التطبيق: حساب بعد الجسم:
- $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{10} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{12}$$
- $$\frac{1}{d_o} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12}$$
- $$\frac{1}{d_o} = \frac{1}{60}$$
- $$d_o = 60cm$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{12}{60} = -0.2$$
- أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 60 سنتيمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.
- 9- إذا تكونت صورة على بعد 30cm من عدسة محدبة، ومكبرة 3 مرات، احسب بعد الجسم ؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $d_i=30cm$ ، $M=3$
- التطبيق: حساب بعد الجسم:
- $$M = \frac{d_i}{d_o}$$
- $$3 = \frac{30}{d_o}$$
- $$d_o = \frac{30}{3} = 10cm$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{30}{10} = -3$$
- أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 30 سنتيمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.
- 10- وضع جسم على بعد 4cm من عدسة محدبة فتكونت له صورة حقيقية على بعد 4cm ، احسب البعد البؤري ؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $d_o=4cm$ ، $d_i=4cm$
- التطبيق: حساب البعد البؤري:
- $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$
- $$\frac{1}{f} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$
- $$\frac{1}{f} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$
- $$f = 2cm$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{4}{4} = -1$$
- أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 2cm ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.
- 11- جسم طوله 2cm موضوع أمام مرآة تكبيرها 10 مرات، احسب طول الصورة ؟
- الحل
- تعيين المعطيات: $M=10$ ، $d_o=2cm$
- التطبيق: حساب طول الصورة:
- $$M = \frac{d_i}{d_o}$$
- $$10 = \frac{d_i}{2}$$
- $$d_i = 10 \times 2 = 20cm$$
- حساب تكبير الصورة:
- $$A = -\frac{d_i}{d_o}$$
- $$A = -\frac{20}{2} = -10$$
- أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 20 سنتيمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 12- الانعكاس الذي ينتج صورة خيالية معتدلة، يكون في :
 (ا) عدسة محدبة
 (ب) عدسة مقعرة
 (ج) مرآة محدبة ✓
 (د) مرآة مقعرة
- 13- أوجد بعد جسم موضوع أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 11cm وتعطي صورة على بعد 12cm :
 (ا) 23cm
 (ب) 132cm ✓
 (ج) 1cm
 (د) 1.1cm
- 14- المرايا التي تستخدم في جوانب السيارات ؟
 (ا) المحدبة ✓
 (ب) المقعرة
 (ج) المستوية
 (د) المتموجة
- 15- إذا كان تكبير المرآة 5 مرات، وطول الجسم 8cm فإن طول الصورة ؟
 (ا) 13cm
 (ب) 40cm ✓
 (ج) 1.6cm
 (د) 0.625cm
- 16- الشعاع الذي يسير مواز لمحور مرآة مقعرة، ينعكس عنها ؟
 (ا) مارا بالبؤرة ✓
 (ب) مارا بمركز التكور
 (ج) مواز للمحور
 (د) مارا بقطب المرآة

التداخل والحيود



- أنواع الضوء
- التداخل والحيود
- معيار ريليه

12.1 التداخل

الضوء هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، ولهذا فإن هذه الموجات حين تلتقي يحدث لها اندماج أو تداخل، ويكون هذا التداخل بناء أو هدام. وهذا التداخل يتأثر بشكل ونوع الوسط الذي تتحرك فيه الموجات الضوئية.

12.1.1 أنواع الضوء

الضوء المترابط: هو ضوء ذو مقدمات موجية 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 مكونة من أهداب تداخل، وهي أهداب مضيئة (تداخل بناء) وأهداب مظلمة (تداخل هدام).

نوع الضوء	الهدب المركزي	الأهداب الأخرى
أحادي اللون	نفس اللون	نفس اللون
أبيض	أبيض	ألوان الطيف

جدول 12.1: تداخل الضوء المترابط



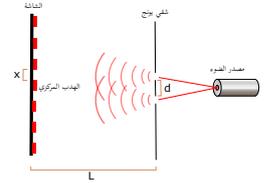
شكل 12.1: الأهداب

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 λ الطول الموجي، x المسافة بين الهدب المركزي والهدب الأول المضيء، d المسافة بين الشقين، L المسافة بين الشقين واللوحه التي تظهر عليها الأهداب، m رقم الهدب (المركزي $m=0$).



شكل 12.2: تجربة يونج

مثال 12.1.70 السؤال

$$m\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{5 \times 10^{-7} \times 1}{2 \times 10^{-5}}$$

$$= 0.025m$$

النتيجة: بعد الهدب المضيء الأول عن الهدب 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 $2 \times 10^{-5}m$ فأحسب بعد الهدب المضيء الأول عن الهدب المركزي؟

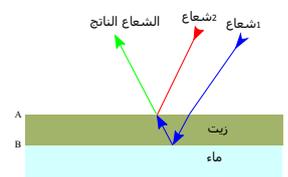
الحل

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 λ_f الطول الموجي في الوسط، λ_0 الطول الموجي في الفراغ، n معامل انكسار الوسط.
حساب سمك التداخل البناء

$$d = \frac{a\lambda_f}{4} \quad \text{حيث } a = 1, 3, 5, \dots \quad (12.3)$$

حساب سمك التداخل الهدام

$$d = \frac{a\lambda_f}{2} \quad \text{حيث } a = 1, 2, 3, \dots \quad (12.4)$$

حيث λ الطول الموجي، a ترتيب الشك، d سمك الغشاء.

مثال 12.1.71 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 تعمييري لشعاع ضوئي طوله الموجي في الفراغ 500nm ؟

$$d_{\text{السمك}} = \frac{\lambda_{\text{الوسط}}}{4} = \frac{344.82 \times 10^{-9}}{4} = 86.2 \times 10^{-9} m$$

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda = 5 \times 10^{-7} m$ ، $n = 1.45$

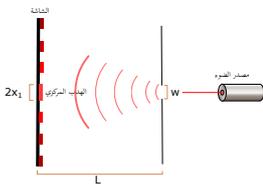
النتيجة: أقل سمك ينتج تداخل تعمييري 86.2×10^{-9} متر.

التطبيق:

- وعند إنعكاس 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 λ الطول الموجي، $2x_1$ عرض الهدب المركزي المضيء، w عرض الشق، L المسافة بين الشق واللوحه التي تظهر عليها الأهداب.

مثال 12.1.72 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

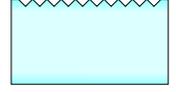
تعيين المعطيات: $w = 7 \times 10^{-5} m$ ، $\lambda = 400 \times 10^{-9} m$ ، $L = 1 m$ ، $10^{-5} m$

$$\begin{aligned} 2x_1 &= \frac{2\lambda L}{w} \\ &= \frac{2 \times 400 \times 10^{-9} \times 1}{7 \times 10^{-5}} \\ &= 0.011 m \end{aligned}$$

النتيجة: عرض الهدب المركزي يساوي 0.011متر.

12.1.5 محزوز الحيود

هو سطح شفاف يحتوي على عدد كبير من الأخاديد الدقيقة المتوازية.
أنواع محزوز الحيود:



شكل 12.5: 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 تنطبع 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 12.6: قرص DVD

$$m\lambda = d\sin\theta \quad (12.6)$$

حيث λ الطول الموجي، d المسافة بين الشقين، θ الزاوية بين وسط الهدب المركزي والهدب المضيء الأول، m رقم الهدب (المركزي $m=0$).

مثال 12.1.73 السؤال

$$=6.94 \times 10^{-7} m$$

$$N = \frac{1}{d} \quad (\text{الشقوق في المتر})$$

$$= \frac{1}{4 \times 10^{-6}}$$

$$= 25 \times 10^{-4}$$

النتيجة: الطول الموجي يساوي 6.94×10^{-7} متر.

في تجربة محزوز الحيود، استخدمنا محزوز البعد بين كل شقين $m = 4 \times 10^{-6}$ فتكون الهدب المضيء الأول بزاوية 10° ، احسب الطول الموجي للضوء الاحادي المستخدم ثم احسب عدد الشقوق؟

الحل

تعيين المعطيات: $d = 4 \times 10^{-6} m$ ، $\theta = 10^\circ$

التطبيق:

$$m\lambda = d\sin\theta \quad (\text{الطول الموجي})$$

$$\lambda = 4 \times 10^{-6} \times \sin 10$$

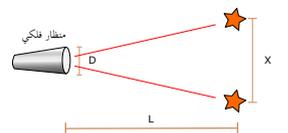
من أهم استخدامات محزوز الحيود، استخدامه في جهاز التعرف على نوع الغاز بتحليل طيفه، حيث يستخدم كبديل للمنشور.

12.1.6 معيار ريليه

معيار ريليه ينص على أنه إذا سقطت البقعة المضيئة لصوره أحد النجمين على الحلقة المعتمه الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التمييز.

$$x = \frac{1.22\lambda L}{D} \quad (12.7)$$

حيث λ الطول الموجي، x المسافة بين النجمين أو الجسمين، L بعد الجسمين عن المنظار، D قطر فتحة المنظار، 1.22 المعامل الهندسي.



شكل 12.7: معيار ريليه

مثال 12.1.74 السؤال

جسيما مضيئان على بعد 370km يصدران ضوءاً طول الموجي $5 \times 10^{-7}\text{m}$ ، تم رصدهما من مقراب قطر فتحة 2.43m ، احسب المسافة الفاصلة بين الجسمين؟

الحل

تعيين المعطيات: $L=370\text{km}$ ، $\lambda=5 \times 10^{-7}\text{m}$ ، $D=2.43\text{m}$

التطبيق:

$$x = \frac{1.22\lambda L}{D}$$

$$= \frac{1.22 \times 5 \times 10^{-7} \times 370 \times 10^3}{2.43}$$

$$= 9.3 \times 10^{-2}\text{m}$$

النتيجة: المسافة الفاصلة بين الجسمين 9.3×10^{-2} متر.

12.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- في تجربة الشق الاحادي إستخدما 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؟
- الحل**
 تعيين المعطيات: $L=1$ ، $w=6 \times 10^{-5} m$ ، $\lambda=560 \times 10^{-9} m$
 التطبيق:

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

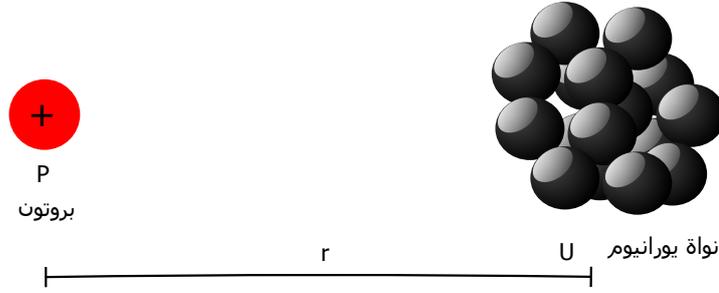
$$= \frac{2 \times 560 \times 10^{-9} \times 1}{6 \times 10^{-5}}$$

$$= 0.0187 m$$
- 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؟
- الحل**
 تعيين المعطيات: $x=0.03 m$ ، $d=2 \times 10^{-5} m$ ، $\lambda=4 \times 10^{-7} m$
 التطبيق:

$$m\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$L = \frac{xd}{m\lambda}$$

$$= \frac{0.03 \times 2 \times 10^{-5}}{1 \times 4 \times 10^{-7}}$$
- 3- لون فراشة المورفو ناتج عن: $=1.5m$
- (ا) التداخل في الأغشية الرقيقة ✓
 (ب) تداخل يونج
 (ج) حيود الشق الاحادي
 (د) محزوز الحيود
- 4- ترتيب السمك a في قانون التداخل البناء في الأغشية الرقيقة يكون ؟
- (ا) أي عدد حقيقي
 (ب) أي عدد طبيعي
 (ج) أي عدد فردي ✓
 (د) أي عدد زوجي
- 5- عند حدوث تداخل للضوء الأبيض فإن هدبه المركزي يكون ؟
- (ا) أحمر
 (ب) أسود
 (ج) أبيض ✓
 (د) بنفسجي



- دراسة مكونات الذرة
- الالكترونات والمواد
- شحنة الالكترون

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- إلكترونات (e^-) سالبة الشحنة

أنواع الشحنات: عند ذلك بعض الأجسام فإنها تصبح مشحونة بشحنة موجبة مثل الصوف والزجاج، أو مشحونة بشحنة سالبة مثل البلاستيك والمطاط، وتنتج الشحنة الموجبة عن فقد الذرة لأحد إلكتروناتها بينما تنتج الشحنة السالبة عن اكتساب الذرة لإلكترون، أما إذا تساوى عدد الشحنات السالبة مع الموجبة فإن الجسم يكون متعادلاً الشحنة، إن عملية انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى تتطلب طاقة خارجية، ولهذا حين ندلك الزجاج بقطعة من الحرير فإن الطاقة الحركية لذلك تساعد الإلكترونات الزجاج على الانتقال من الزجاج إلى الحرير، فيصبح الزجاج موجب الشحنة والحرير سالب الشحنة.

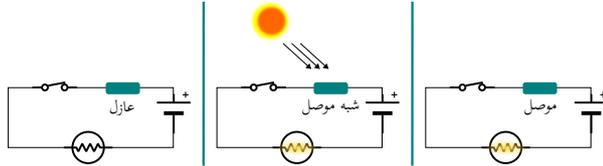
إن الشحنات المتشابهة تتنافر عن بعضها، والشحنات المختلفة تتجاذب مع بعضها، ولهذا تقوم بعض مصانع السيارات باستخدام طريقة ذكية لطلاء السيارات حيث توصل السيارة بقطب سالب وتوصل رأس رش الطلاء بقطب موجب، فتخرج قطرات الطلاء وهي مشحونة بشحنة موجبة، عندها تنجذب تلقائياً إلى جسم السيارة السالب وتلتصق به، وبالتالي لن تجد قطرة طلاء واحدة تسقط على الأرض، وتستخدم الشحنات الساكنة في مكائن التصوير حيث تشحن بكرة الطباعة بشحنة مخالفة لشحنة مسحوق الحبر وهذه يجعله ينجذب للبكرة ويلتصق بها، فتضغطه على الورقة، ويستخدم أيضاً في تخصيب اليورانيوم (انظر فصل المفاعلات النووية في الكتاب)، كما يستخدم في الاستمطار حيث توضع مجموعة من الأبراج في المكان المطلوب، وعندما يجد الفني أن الشحنات الكهربائية في الهواء قد وصلت لدرجة معينة، يطلق شحنات كهربائية إضافية قوية من جميع الأبراج، وهذا يساعد على بدء نزول المطر.



شكل 13.1: بالون سالب الشحنة يجذب الماء الموجب الشحنة [11]

13.1.2 الإلكترونات والمواد

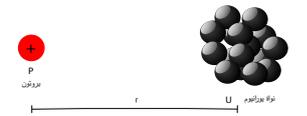
للإلكترونات مع المواد ثلاث حالات:



شكل 13.2: الموصلية الكهربائية في المواد

- 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.

إن انتقال الإلكترونات وحركتها داخل المادة الموصلة كبير، ولذا يستخدم النحاس الموصل في التمديدات الكهربائية داخل المنازل وخارجها، وتستخدم أشباه الموصلات في الأجهزة الإلكترونية، لكن هذا لا يعني أن المادة العازلة لا توصل التيار الكهربائي مطلقاً، إن جميع المواد لها خاصية التوصيلية ويقابلها العازلية الكهربائية، وكلما زادت العازلية زادت حاجتنا لطاقة وجهد كهربائي أكبر للتغلب عليها، فالهواء عازل للكهرباء لكن عازليته تنهار ويسمح بمرور التيار الكهربائي لأن فرق جهد البرق يتجاوز 3 ملايين فولت/متر.

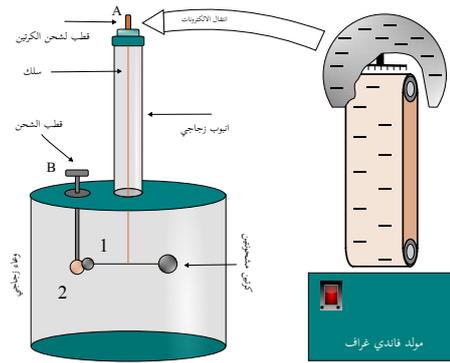


شكل 13.3: القوة الكهروستاتيكية بين الأجسام المشحونة

13.1.3 شحنة الإلكترون

إن شحنة الإلكترون الواحد تساوي $e^- = 1.6 \times 10^{-19} C$ ، والكولوم C هي وحدة الشحنة والتي تعادل شحنة 6.25×10^{18} إلكترون. وهذه الشحنات تتنافر مع بعضها إذا كانت متشابهة وتجذب لبعضها إذا كانت مختلفة، وتسمى هذه القوة بالقوة الكهربائية.

13.1.4 قانون كولوم



شكل 13.4: تجربة قانون كولوم

قام كولوم بتجربته الشهيرة لدراسة تأثير الشحنة والمسافة بين جسمين على القوة المؤثرة بينهما. فقام أولاً بشحن الكرتين المعلقتين في وسط الجهاز باستخدام مولد فاندي غراف في النقطة A ، فأصبحت الكرة 1 مشحونة بشحنة سالبة، ثم قام بشحن الكرة 2 عن طريق القطب B ، فلاحظ أن الكرتين تتجاذبان إذا كانت شحنة الكرة 2 موجبة، وتتنافران إذا كانت شحنتها سالبة، وهذا يعني أن الشحنت المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذبان. ثم أنتقل إلى مرحلة أدق في تجربته، فبدأ يزيد من مقدار الشحنة المستخدمة، فوجد أن التنافر أو التجاذب يزداد بزيادة الشحنة، أي أن القوة تتناسب طردياً مع الشحنة $F \propto q_1 q_2$ ، بعد ذلك قام بدراسة تأثير عامل المسافة بينهما، فوجد أن القوة تقل بزيادة المسافة بينهما، وهذا يعني أن التناسب بين القوة والمسافة تناسب عكسي $F \propto \frac{1}{r^2}$ ، ويميز من الدراسة توصل لقانونه المعروف باسمه.

قانون كولوم هو تناسب القوة الكهروستاتيكية بين اثنين من نقاط الشحنت الكهربائية تناسباً طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين ، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

$$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2} \quad (13.1)$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

حيث F قوة التجاذب بين الشحنتين، $q_1 q_2$ شحنتي الجسمين، r المسافة بين مركزي الجسمين، k ثابت كولوم ويساوي $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.

وفي حالة وجود أكثر من شحنتين يتم إيجاد محصلة القوى بنفس طريقة إيجاد محصلة القوى العادية، فإذا كان بينهما زاوية قائمة نستخدم $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ على مرحلتين، وإذا لم تكن الزاوية قائمة يتم إيجاد المحصلة بالتحليل.

مثال 13.1.75 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 $1 \times 10^{-11} \text{ m}$ ؟

التطبيق:

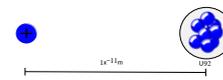
$$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 92 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-11})^2}$$

$$= 2.1 \times 10^{-4} \text{ N}$$

النتيجة: قوة التنافر بين البروتون ونواة ذرة اليورانيوم 2.1×10^{-4} نيوتن.

تعيين المعطيات: $r = 1 \times 10^{-11} \text{ m}$ ، $q_1 = q_2 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$



13.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب قوة التجاذب الناتجة عن قذف الكترول 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:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 94 \times 1.6 \times 10^{-19} \times -1.6 \times 10^{-19}}{(1.3 \times 10^{-11})^2}$$

$$= -1.3633 \times 10^{-6} N$$

2- ما هي وحدة ثابت كولوم ؟

(أ) N (ج) N/m^2

(ب) N/m (د) $\sqrt{N.m^2/C^2}$

3- إذا قمنا بتوجيه قضيب مشحون نحو ورقتي كشاف مشحونة، فانفجرت، هذا يدل على أن شحنتي الورقتين ؟

(أ) متشابهتين (ج) صفر

(ب) مختلفتين (د) متعادلتين

4- احسب القوة التي تؤثر بها شحنة مقدارها $4 \times 10^{-9} C$ على شحنة موجبة مقدارها $1 C$ وتبعد $1 m$ ؟ $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$

(أ) $36 N$ (ج) $4 N$

(ب) $6 N$ (د) $2 \times 10^{-9} N$

5- احسب القوة التي تؤثر بها أربع شحنات موضوعة في اركان مربع طول ضلعه $10 cm$ على نقطة في مركز المربع، حيث شحنة كل منها $13 \mu C$ ؟

(أ) $152 N$ (ج) $304 N$

(ب) $0 N$ (د) $608 N$

6- إذا كانت شحنة الجسم النقطة A تساوي $6 C$ و شحنة الجسم النقطة الثاني B تساوي $2 C$ فإن قوة التأثير بينهما ؟ (تذكر قانون نيوتن الثالث)

(أ) $F_A = -F_B$ (ج) $3F_A = -F_B$

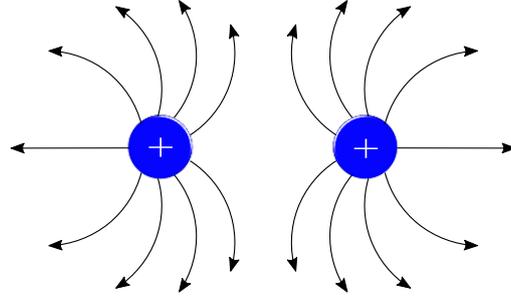
(ب) $F_A = -3F_B$ (د) 0

7- إذا اردنا زيادة القوة بين شحنتين نقطيتين فإننا ؟

(أ) نزيد الشحنة ونزيد المسافة بينهما. (ج) نقص الشحنة ونزيد المسافة بينهما.

(ب) نزيد الشحنة وننقص المسافة بينهما. (د) نقص الشحنة وننقص المسافة بينهما.

المجالات الكهربائية

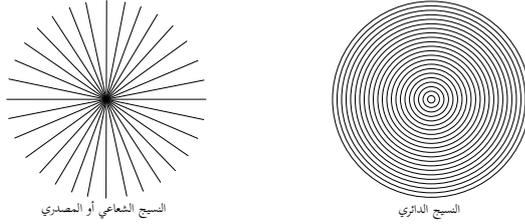


- شدة المجال الكهربائي
- قوة المجال الكهربائي
- السعة والمكثفات

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 والوانها.
- 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. [15]



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 متجهها إلى مركز الأرض:

$$\vec{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \hat{r} \quad (\text{قوة الجاذبية الأرضية})$$

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m} = -\frac{GMm/r^2}{m} \hat{r} = -G \frac{M}{r^2} \hat{r} \quad (\text{مجال الجاذبية الأرضية})$$

14.1.0.1 الشحنة الكهربائية

يوجد نوعين من الشحنات الكهربائية: الموجبة والسالبة، ووحدتها كولوم C. شحنة الإلكترون السالب أو البروتون الموجب:

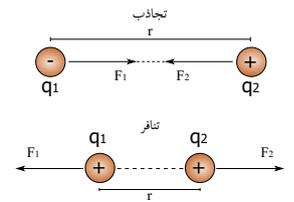
$$\pm e = \pm 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$Q = \pm Ne \quad \text{quantized الشحنة المكممة}$$

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \quad e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma \quad \text{conserved الشحنة المحفوظة}$$

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

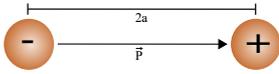
الاجسام التي تحوي شحنة كهربائية قد يكون لها قطب واحد مثل كرة تتجمع الشحنات السالبة على سطحها، وقد يكون لها قطبين مثل طرفي بطارية كهربائية، ويسمى الجسم في هذه الحالة ثنائي القطب، وتعمل هذه الأقطاب على تكوين المجالات الكهربائية المحيطة بالشحنة.

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



شكل 14.3: عزم ثنائي القطب

يوجد لثنائيات القطب الكهربائية عزم يسمى عزم ثنائي القطب، ويعتمد على الشحنة والبعد بين القطبين.

$$\vec{P} = q \times 2a \quad (14.1)$$

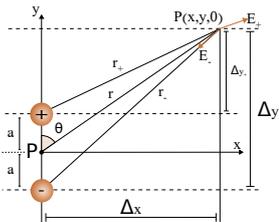
حيث P عزم ثنائي القطب من القطب السالب إلى القطب الموجب، و q الشحنة الكهربائية، و $2a$ المسافة بين مركزي القطبين.

14.1.1.2 تكوين المجال الكهربائي لثنائي القطب

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r} = \frac{\Delta x}{r} \hat{i} + \frac{\Delta y}{r} \hat{j}$$

$$E_x = k_e q \left(\frac{\Delta x}{r_+^3} - \frac{\Delta x}{r_-^3} \right) = k_e q \left(\frac{x}{[x^2 + (y-a)^2]^{3/2}} - \frac{x}{[x^2 + (y+a)^2]^{3/2}} \right) \quad (14.2)$$

$$E_y = k_e q \left(\frac{\Delta y_+}{r_+^3} - \frac{\Delta y_-}{r_-^3} \right) = k_e q \left(\frac{y-a}{[x^2 + (y-a)^2]^{3/2}} - \frac{y+a}{[x^2 + (y+a)^2]^{3/2}} \right) \quad (14.3)$$



شكل 14.4: مجال ثنائي القطب

ثنائية القطب النقطية

$$r \gg a$$

$$E_x \rightarrow \frac{3p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sin\theta \cos\theta \quad (14.4)$$

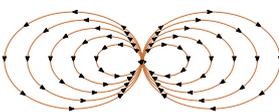
$$E_y \rightarrow \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} (3\cos^2\theta - 1) \quad (14.5)$$

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 E شدة المجال الكهربائي، F القوة المؤثرة على الشحنة، q شحنة الاختبار.



شكل 14.5: ثنائية القطب النقطية

مثال 14.1.76 السؤال

$$= \frac{3}{6 \times 10^{-6}}$$

$$= 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

النتيجة: شدة المجال الكهربائي تساوي 5×10^5 نيوتن / كولوم.

احسب شدة المجال الكهربائي عند شحنة نقطية مقدارها $6 \mu\text{C}$ تؤثر عليها قوة مقدارها 3 N ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=3 \text{ N}$ ، $q=6 \times 10^{-6} \text{ C}$

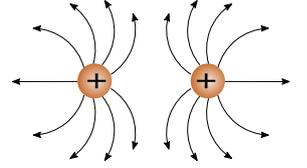
التطبيق:

$$E = \frac{F}{q}$$

14.1.1.4 شدة مجال الجاذبية (g)

$$g = \frac{F}{m} \quad (14.7)$$

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

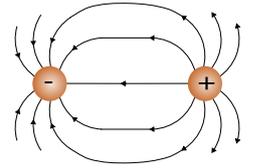
عند اقتراب شحنتين من بعضهما، تنشأ قوة تجاذب، أو تنافر بينهما، تجاذب إذا اختلفا في الشحنة، وتنافر إذا تشابهتا في الشحنة. وهذه القوة تتناسب طرديا مع مقدار الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

$$F = \frac{kQq}{r^2} \quad (14.8)$$

حيث $k=8.9875 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQq}{r^2} \times \frac{1}{q} = \frac{kQ}{r^2} \quad (14.9)$$

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 14.1.77 السؤال

$$= 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

أحسب شدة المجال الكهربائي على بعد 0.1 nm من نواة ذرة الهيليوم؟

الحل

$$E = \frac{Kq}{r^2} \quad (\text{شدة المجال الكهربائي})$$

تعيين المعطيات: $r=0.1 \times 10^{-9} \text{ m}$ ، $q=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 3.2 \times 10^{-19}}{(0.1 \times 10^{-9})^2}$$

$$= 28.8 \times 10^{10} \text{ N/C}$$

النتيجة: شدة المجال الكهربائي 28.8×10^{10} نيوتن / كولوم.



0.1nm

التطبيق: شحنة نواة الهيليوم

$$q=2 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

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_1 و q_2 شحنتي الجسيمين، r المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم، k ثابت كولوم.

مثال 14.1.78 السؤال

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{0.1}$$

$$= 0.54 J$$

احسب الطاقة الكامنة بين جسيمين مشحونين بشحنة موجبة $q_1 = 2 \mu C$ 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 14.1.79 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:

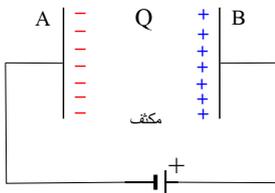
النتيجة: الطاقة الكهربائية الكامنة 1.2×10^{-6} جول.

$$V = \frac{PE}{q}$$

14.1.1.8 السعة والمكثفات

السعة الكهربائية هي كمية تعبر عن مقدرة المكثف على حفظ وتخزين الشحنات الكهربائية. وتقاس بوحدة فاراد¹.

يتكون المكثف من لوحين (A و B) أحدهما يوصل بالقطب السالب والآخر بالقطب الموجب للبطارية (المصدر)، عندها تنتقل الإلكترونات من البطارية إلى اللوح A الموصول بالقطب السالب، وتتجمع عليه، وهذا يحدث تنافر مع إلكترونات اللوح المقابل B ، فتبتعد عن سطح اللوح، وهذا ينتج فرق جهد بين اللوح A السالب واللوح B الموجب، وتستمر زيادة فرق الجهد إلى أن يصبح فرق جهد المكثف مساوي لفرق جهد البطارية، عندها تتوقف عملية الشحن، ونقول أن المكثف مشحون.



شكل 14.8: المكثف

$$C = \frac{q}{\Delta V} \quad (14.13)$$

حيث ΔV فرق الجهد الكهربائي، C السعة الكهربائية، q الشحنة.

¹نسبة لمايكل فارادى، كيميائي وفيزيائي انجليزي توفي عام 1867م.

مثال 14.1.80 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: $V=200V$ ، $q=6 \times 10^{-9}C$

النتيجة: السعة الكهربائية تساوي 3×10^{-11} فاراد.

التطبيق:

الطاقة المخزنة في المكثف

$$E = \frac{1}{2} QV \quad (14.14)$$

حيث E الطاقة المخزنة في المكثف، V فرق الجهد الكهربائي، Q الشحنة.

مثال 14.1.81 السؤال

مكثف شحنته $9.6nC$ وفرق الجهد بين طرفيه $120V$ ، التطبيق:

احسب الطاقة المخزنة فيه ؟

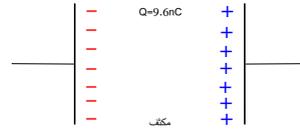
الحل

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 5.76×10^{-7} جول.

14.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها 4- يجب أن تكون شحنة الاختبار في المجال الكهربائي ؟
35nC و فرق جهده مع محيطه 120V ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=35 \times 10^{-9}C$ ، $V=120V$
التطبيق:

$$E = \frac{1}{2}QV$$

$$= 0.5 \times 35 \times 10^{-9} \times 120$$

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

2- ما هي وحدة فرق الجهد الكهربائي ؟

5- احسب شدة المجال الكهربائي بين قطبين يبعدان عن بعضهما 4m
و فرق الجهد بينهما 220V ؟

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

ج (220N/C

أ (55N/C ✓

ج (N/C

أ (V ✓

د (16N/C

ب (880N/C

د (N

ب (C

6- احسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها شحنة $4 \times 10^{-9}C$ ، على
شحنة اختبار موجبة مقدارها 1C وتبعد 1m ؟ $F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$

3- إذا كانت شدة المجال الكهربائي 2000N/C ، والمسافة بين
السطحين 3m ، احسب فرق الجهد بينهما ؟

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

ج (13N

أ (36N ✓

ج (6000V ✓

أ (1000V

د (8.5N

ب (100N

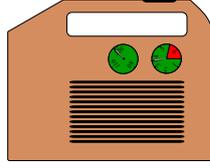
د (2003V

ب (666.6V

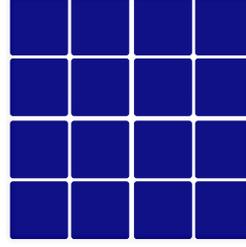
التيار المستمر



البطارية



المولد الكهربائي



الخلايا الشمسية

- مصادر التيار الكهربائي
- التيار الكهربائي والشحنة
- المقاومة الكهربائية

التيار الكهربائي هو سبيل من الإلكترونات، تنتقل في مادة موصلة للتيار الكهربائي.

إن استخدام الناس لمصطلح «استهلاك الكهرباء» أدى إلى ترسيخ مفهوم خاطيء عن التيار الكهربائي، فأصبحنا نعتقد أن الأجهزة الكهربائية تلتهم الإلكترونات مثلما يفعل باكمان ، أي بما أن التيار هو سبيل من الإلكترونات إذاً الأجهزة تستهلك الإلكترونات؟! ، بينما الحقيقة أن الإلكترونات تعمل مثل جنزير الدراجة الذي ينقل الحركة من الدواسة إلى العجلة الخلفية. إن الإلكترونات تنقل الطاقة الحركية من قلب مولد الكهرباء المتحرك إلى الجهاز الكهربائي في رحلة قد تبلغ مئات الكيلومترات، إن الأجهزة الكهربائية لا تستهلك الكهرباء أي لا تستهلك الإلكترونات وإنما تقوم بانتزاع جزء من الطاقة الحركية لإلكترونات التيار لإنتاج الضوء أو الصوت أو الحرارة أو

15.1 مصادر التيار الكهربائي

يوجد للتيار الكهربائي عدة مصادر أهمها المولدات والبطاريات والخلايا الشمسية، وتنتج هذه المصادر نوعين من التيار الكهربائي:

(2) التيار المتردد AC

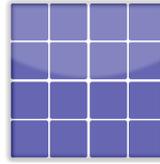
(1) التيار المستمر DC



البطارية



المولد الكهربائي



الخلايا الشمسية

شكل 15.1: من مصادر التيار الكهربائي

* ومضة

كان الناس يستخدمون مولدات التيار المستمر، ثم اخترع مولدات التيار المتردد فتم الانتقال لها.

* ومضة

كمية الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض 1353 جول/متر مربع. ثانية ويسمى الثابت الشمسي، ويعكس 30% منها في الغلاف الجوي.

إتجاه التيار الكهربائي

- الاتجاه الهندسي (الافتراضي) للتيار الكهربائي ويكون من القطب الموجب للقطب السالب.

- الاتجاه الفيزيائي (الحقيقي) للتيار الكهربائي ويكون من القطب السالب للقطب الموجب.

وفي قوانين مادة الفيزياء يعتبر أن اتجاه انتقال التيار يكون من القطب الموجب ذي الجهد العالي إلى القطب السالب ذي الجهد المنخفض، لأن قوانين الكهرباء الأساسية وضعت قبل أن يكتشف العلماء أن شحنة الإلكترون سالبة وليست موجبة، وأصبح من الصعب تعديل كل كتب الكهرباء بعد ذلك.

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 15.2.82 السؤال

ما مقدار القدرة عندما يكون فرق الجهد $V=6V$ وشدة التيار $I=1.4A$ ؟

$$= 6 \times 1.4$$

$$= 8.4W$$

النتيجة: القدرة الكهربائية تساوي 8.4 وات.

$$P = VI$$

الحل

تعيين المعطيات: $I=1.4A$ ، $V=6V$

التطبيق:

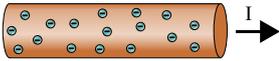
15.3 التيار والشحنة

التيار الكهربائي هو عبارة عن تدفق من الشحنات الكهربائية. ووحده الأمبير¹.

إن التيار الكهربائي عبارة عن إلكترونات حرة تتحرك في مواد موصلة للتيار الكهربائي، وإلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار، بمعنى أن الإلكترونات لا تسير في شكل سلاسل مستقيمة من المولد أو البطارية إلى المصباح، وإنما يتحرك كل إلكترون بصورة فردية لكن في نفس اتجاه التيار، وهذا يسبب اصطدامات كثيرة جدا بين الإلكترونات، وهذه الاصطدامات تؤدي إلى فقد الإلكترونات لجزء من طاقتها الحركية على شكل حرارة في الاسلاك.

* ومضة

في خطوط الضغط العالي يرفع فرق الجهد لتقليل التيار (عدد الإلكترونات) فتقل الاصطدامات ولا يسخن السلك بدرجة عالية.



شكل 15.2: إلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار

$$I = \frac{q}{t} \quad (15.3)$$

حيث I شدة التيار، q الشحنة، t الزمن.

مثال 15.3.83 السؤال

إذا كان التيار المنزلي الداخل إلى المنزل $I=9.8A$ خلال زمن $t=3min$ فاحسب الشحنة الكهربائية الداخلة [16]؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=9.8A$ ، $t=3min=180s$

$$q=It$$

$$= 9.8 \times 180$$

$$= 1764C$$

النتيجة: الشحنة الكهربائية الداخلة 1764 كولوم.

التطبيق:

15.4 المقاومة الكهربائية

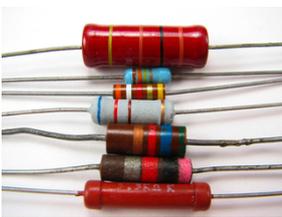
المقاومة الكهربائية هي قابلية المواد لمقاومة مرور التيار. ووحدها الأوم².

قانون أوم

تناسب شدة التيار المار في موصل تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه مع ثبوت درجة الحرارة.

$$R = \frac{V}{I} \quad (15.4)$$

حيث I شدة التيار، V فرق الجهد الكهربائي، R المقاومة الكهربائية.



شكل 15.3: المقاومة الكهربائية [11]

¹أمبير فيزيائي فرنسي توفي عام 1836م.

²أوم فيزيائي ألماني توفي عام 1854م.

مثال 15.4.84 السؤال

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{220}{60}$$

$$= 3.66A$$

مقاومة 60Ω وفرق الجهد المؤثر عليها $220V$ ،
احسب التيار الخارج؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=220V$ ، $R=60\Omega$



النتيجة: التيار الكهربائي الخارج من المقاومة يساوي 3.66 أمبير.

التطبيق:

قانون أوم للدائرة المغلقة

$$V_B = I \times (R + r)$$

حيث V_B القوة الدافعة الكهربائية، R المقاومة الخارجية، r المقاومة الداخلية للمصدر الكهربائي.

القوة الدافعة الكهربائية هي الشغل المبذول داخل وخارج العمود (المصدر) لنقل شحنة مقدارها $1C$ داخل الدائرة الكهربائية.

القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد

$$V = V_B - Ir$$

حيث V فرق الجهد الكهربائي، V_B القوة الدافعة الكهربائية، r المقاومة.

مثال 15.4.85 السؤال

$$V_B = I \times (R + r)$$

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{1.5}{2 + 0.1}$$

$$= 0.71A$$

احسب شدة التيار الكلي في دائرة مغلقة تحتوي بطارية جهدها $1.5V$ ومقاومتها الداخلية 0.1Ω ، ومقاومة خارجية 2Ω ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=0.1\Omega$ ، $R=2\Omega$ ، $V_B=1.5V$

النتيجة: شدة التيار الكلي في الدائرة يساوي 0.71 أمبير.

التطبيق:

15.5 المقاومة النوعية أو المقاومة

هي خاصية للمادة توضح قابلية المادة لتوصيل التيار الكهربائي. ووحدها $\Omega.m$.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (15.5)$$

حيث ρ المقاومة النوعية أو المقاومة وتنطق رو ، L طول السلك الناقل ، A مساحة المقطع العرضي للسلك الناقل ، R المقاومة الكهربائية.

أي أن مقاومة المادة للتيار الكهربائي، أو موصليته، تعتمد على طولها ومساحة مقطعه ونوعه، وذلك عند ثبوت درجة الحرارة.



شكل 15.4: المقاومة النوعية

مثال 15.5.86 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 22.4×10^{-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: $L=20\text{cm}=0.2\text{m}$ ، $\sigma=1.68 \times 10^{-8}$ ، $A=1.5\text{mm}^2$ ، $10^{-8} \Omega$

التطبيق:

15.6 القدرة الكهربائية والمقاومة

القدرة الكهربائية هي معدل تدفق الطاقة الكهربائية في موصل، ووحدتها الوا٣.

$$P = VI = IR^2 = \frac{V^2}{R} \quad (15.6)$$

حيث P القدرة الكهربائية، V فرق الجهد، I شدة التيار، R المقاومة الكهربائية.

مثال 15.6.87 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: $P=1000\text{W}$ ، $V=110\text{V}$

التطبيق:

15.7 الطاقة الكهربائية أو الشغل

$$E_{\text{الطاقة}} = W_{\text{الشغل}} = P \cdot \Delta t \quad (15.7)$$

$$W = Vq$$

حيث E الطاقة الكهربائية، W الشغل، P القدرة، Δt الزمن.

مثال 15.7.88 السؤال

$$= 1000 \times 40$$

$$= 40000 \text{ J}$$

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: $t=40\text{s}$

التطبيق:

$$E = P \cdot \Delta t$$

³وات مهندس انجليزي حسن المحرك البخاري، وابتكر وحدة الحصان للقدرة، توفي عام 1819م.

15.8 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب مقاومة سلك من النحاس طوله 30cm ومساحة مقطعة 2mm^2 والمقاومة النوعية للنحاس $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\sigma = 1.68 \times 10^{-8} \Omega$ ، $A = 2\text{mm}^2$ ، $L = 30\text{cm}$ ،
التطبيق:

$$R = \sigma \frac{L}{A}$$

$$= 1.68 \times 10^{-8} \times \frac{30 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-6}}$$

$$= 2.52 \times 10^{-3} \Omega$$

2- ما هي وحدة القدرة الكهربائية ؟

(أ) N (ج) W ✓
(ب) A (د) V

(أ) فرق الجهد (ج) شدة المجال الكهربائي
(ب) شدة التيار ✓ (د) شدة المجال المغناطيسي

3- خلية شمسية تنتج تيار كهربائي شدته $0.5A$ و فرق جهده $12V$ ، احسب الزمن اللازم لانتاج تيار طاقته $600J$ ؟

(أ) $3600s$ (ج) $100s$ ✓
(ب) $50s$ (د) $300s$

(أ) الجهد الكهربائي ✓ (ج) السعة الكهربائية
(ب) شدة التيار (د) المجال المغناطيسي

4- طفل لديه لعبة، إذا حركها تنتج ضوء، ماذا تحتوي هذه اللعبة ؟

(أ) محرك كهربائي (ج) سخان كهربائي
(ب) مولد كهربائي ✓ (د) مروحة كهربائية

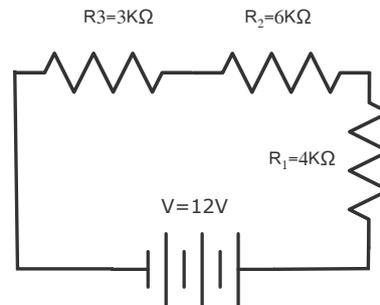
(أ) الحديد ✓ (ج) الزيت
(ب) الأكسجين (د) الفراغ

5- في أشباه الموصلات الخيالية، أي فجوة طاقة تعطي أعلى موصلية ؟

(أ) $1.2eV$ (ج) $0.9eV$ ✓
(ب) $1eV$ (د) $0.7eV$ ✓

(أ) التيار الكهربائي ✓ (ج) الجهد الكهربائي
(ب) المقاومة الكهربائية (د) المجال الكهربائي

التوصيل على التوالي والتوازي



- التوصيل على التوالي
- التوصيل على التوازي

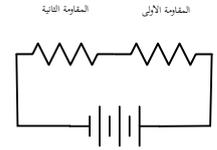
16.1 التوصيل على التوالي

المقاومة الكهربائية هي إعاقة المادة لمرور التيار الكهربائي (الإلكترونات) خلالها.

المقاومات على التوالي عند توصيلنا للمقاومات على التوالي نحصل على مقاومة كبيرة تعيق مرور التيار الكهربائي في الدائرة

$$R = R_1 + R_2 \Rightarrow R = \sum R_n \quad (16.1)$$

حيث R المقاومة الكلية في الدائرة، R_1 المقاومة الأولى، R_2 المقاومة الثانية.



شكل 16.1: على التوالي

مثال 16.1.89 السؤال

احسب المقاومة الكلية في الدائرة التالية: التطبيق:

$$R_{\text{الكلية}} = R_1 + R_2 + R_3$$

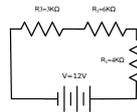
$$= 4000 + 6000 + 3000$$

$$= 13K\Omega$$

النتيجة: المقاومة الكلية في الدائرة 13 كيلو أوم.

الحل

تعيين المعطيات:



شدة التيار على التوالي شدة التيار الكهربائي تبقى ثابتة ولا تتأثر عند توصيل المقاومات 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 16.1.90 السؤال

احسب التيار الكلي في الدائرة السابقة: التطبيق:

$$I_{\text{الكلية}} = \frac{E_{\text{الكلية}}}{R_{\text{الكلية}}}$$

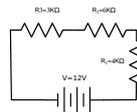
$$= \frac{12}{13000}$$

$$= 9.2 \times 10^{-4} A$$

النتيجة: التيار الكلي في الدائرة 9.2×10^{-4} أوم.

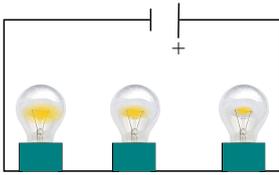
الحل

تعيين المعطيات:



فرق الجهد الكهربائي على التوالي فرق الجهد الكهربائي هو الطاقة اللازمة لدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب.

عند مرور التيار الكهربائي في مقاومات على التوالي، نلاحظ أن فرق الجهد الكهربائي يبدأ بالانخفاض التدريجي، فيكون كبير في المقاومة الأولى ثم أقل في الثانية ثم أقل في الثالثة وهكذا، ولهذا نلاحظ أن المصابيح الموصولة على التوالي تنخفض شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المصدر الكهربائي.



شكل 16.2: شدة إضاءة المصابيح تقل كلما ابتعدنا عن المصدر إذا كان التوصيل على التوالي.

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \sum V_n \quad (16.3)$$

حيث V فرق الجهد الكلي في الدائرة، V_1 فرق الجهد الأول، V_2 فرق الجهد الثاني.

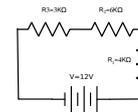
مثال 16.1.91 السؤال

احسب الجهد الكهربائي على كل مقاومة في الدائرة

السابقة:

الحل

تعيين المعطيات:



$$V_1 = 9.2 \times 10^{-4} \times 4$$

$$= 3.6 \times 10^{-3} V$$

$$V_2 = 9.2 \times 10^{-4} \times 6$$

$$= 5.5 \times 10^{-3} V$$

$$V_3 = 9.2 \times 10^{-4} \times 3$$

$$= 2.7 \times 10^{-3} V$$

التطبيق:

$$V = IR$$

المكثفات على التوالي إذا وصلت المكثفات على التوالي فإن جهدها الكلي يساوي مجموع فرق الجهد على كل مكثف

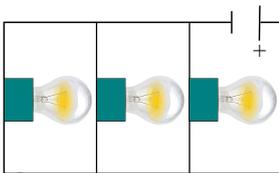
$$\Sigma V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (16.4)$$

أما السعة الكلية لها فتحسب بالقانون

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (16.5)$$

16.2 التوصيل على التوازي

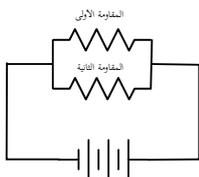
فرق الجهد الكهربائي على التوازي عند مرور التيار الكهربائي في مقاومات على التوازي، نلاحظ أن فرق الجهد الكهربائي يبقى ثابت، فيكون في المقاومة الأولى مساوي له في المقاومة الثانية والثالثة وهكذا، ولهذا نلاحظ أن المصابيح الموصولة على التوازي تبقى شدة إضاءتها كما هي في جميع المصابيح، وهذا هو السبب الذي يجعلنا نوصّل جميع الأجهزة المنزلية على التوازي.



شكل 16.3: شدة إضاءة المصابيح تبقى ثابتة إذا كان التوصيل على التوازي.

$$V = V_1 = V_2 \quad (16.6)$$

حيث V فرق الجهد الكلي في الدائرة، V_1 فرق الجهد الأول، V_2 فرق الجهد الثاني.



شكل 16.4: على التوازي

المقاومات على التوازي توصيل المقاومات على التوازي يخفض المقاومة الكلية، وهذه ميزة لأن إعاقه التيار تقل.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \sum \left(\frac{1}{R_n} \right) \quad (16.7)$$

حيث R المقاومة الكلية في الدائرة، R_1 المقاومة الأولى، R_2 المقاومة الثانية.

مثال 16.2.92 السؤال

مقاومتان 6 أوم و 3 أوم وصلتا على التوالي 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:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3}$$

$$R = \frac{6 \times 3}{6+3} = \frac{18}{9}$$

$$= 2\Omega$$

النتيجة: المقاومة الكلية تساوي 2 أوم.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

شدة التيار على التوالي شدة التيار تتجزأ على المقاومات الموصولة على التوالي.

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = \sum I_n \quad (16.8)$$

حيث I شدة التيار الكلية في الدائرة، I_1 شدة التيار الأولى، I_2 شدة التيار الثانية.

مثال 16.2.93 السؤال

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:

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$= \frac{12}{6} = 2A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$= \frac{12}{3} = 4A$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{12}{2} = 6A$$

شدة التيار المار في كل منهما:

المكثفات على التوالي إذا وصلت المكثفات على التوالي فإن جهودها تكون متساوية

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (16.9)$$

أما السعة الكلية لها فتحسب بالقانون

$$\Sigma C = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (16.10)$$

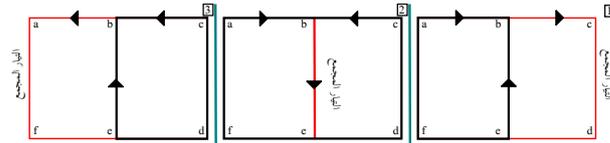
16.3 قوانين كيرشوف

القانون الأول مجموع التيارات الكهربائية الداخلة عند نقطة في دائرة كهربائية مغلقة يساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة منها. **القانون الثاني** مجموع الجبري للقوى الدافعة الجبرية في دائرة مغلقة يساوي مجموع الجبري لفروق الجهد في الدائرة.

$$\sum V_B = \sum V = \sum I.R$$

$$\sum I_{in} = \sum I_{out} \Rightarrow \sum I = 0$$

مع ملاحظة إضافة المقاومة الداخلية للبطارية (إن وجدت) إلى المقاومة الخارجية، كما يفضل أن نختار الدائرتان اللتان تحتويان السلك الذي يحتوي التيار المجمع كما في الرسم التوضيحي. ففي الرسم (1) نختار الدائرة $acdfa$ و الدائرة $bcdeb$ ، بينما في الرسم (2) نختار الدائرتين $abefa$ و $bcdeb$ ، وفي الرسم (3) نختار الدائرتين $abefa$ و $acdfa$.



شكل 16.5: التيار المجمع في كيرشوف

مثال 16.3.94 السؤال

احسب شدة التيار في كل فرع داخل الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم ؟
نوجد معاملات I_1 بضرب المعادلة الأولى في 3 والمعادلة الثانية في 2 :

$$15 = 12I_1 + 15I_2$$

$$24 = 12I_1 + 8I_3$$

نطرح المعادلتين (2) و (3) من بعضهما

$$24 - 15 = 12I_1 - 12I_1 + 8I_2 - 15I_2$$

$$9 = -7I_2$$

$$I_2 = \frac{-9}{7} = -1.28A$$

والإشارة السالبة تدل على أن اتجاه التيار I_2 في الرسم خاطيء، لكن النتيجة العددية صحيحة. نعوض في المعادلة (2) لحساب I_3

$$5 = I_2 + 4I_1 = -1.28 + 4I_1$$

$$5 + 1.28 = 4I_1$$

$$I_1 = \frac{6.28}{4} = 1.57A$$

نعوض في القانون (1) لحساب I_3

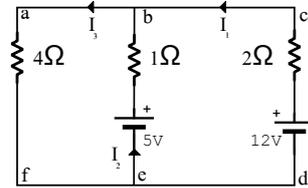
$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_3 - I_2 = 1.57 - (-1.28) = 2.85A$$

النتيجة: التيار $I_1 = 2.85A$ ، $I_2 = -1.28A$ ، $I_3 = 1.57A$ ، واتجاه التيار I_2 خاطيء على الرسم.

تعيين المعطيات: $R_3 = 4\Omega$ ، $R_2 = 1\Omega$ ، $R_1 = 2\Omega$

$$V_{B2} = 5V$$
 ، $V_{B1} = 12V$



التطبيق: نطبق القانون الأول على الدائرة الكلية

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (1)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $abefa$

$$5 = (1 \times I_2) + (4 \times I_3)$$

$$5 = I_2 + 4I_3 \quad (2)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $acdfa$

$$12 = (2 \times I_1) + (4 \times I_3)$$

$$12 = 2I_1 + 4I_3 \quad (3)$$

نعوض من (1) في (2) و (3) فنصبح

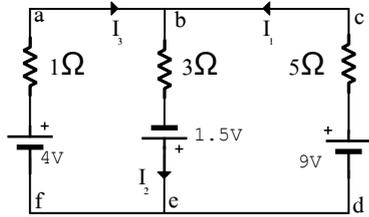
$$5 = I_2 + 4I_1 + 4I_2 = 4I_1 + 5I_2$$

$$12 = 2I_1 + 4I_1 + 4I_2 = 6I_1 + 4I_2$$

16.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

8- احسب شدة التيار في كل فرع داخل الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم ؟



الحل

تعيين المعطيات: $R_3=4\Omega$ ، $R_2=1\Omega$ ، $R_1=2\Omega$

$$V_{B2}=5V \text{ ، } V_{B1}=12V$$

التطبيق: نطبق القانون الأول على الدائرة الكلية

$$I_2=I_1+I_3 \quad (1)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $abefa$

$$4+1.5=(3 \times I_2)+(1 \times I_3)$$

$$5.5=3I_2+I_3 \quad (2)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $bcdeb$

$$9+1.5=(5 \times I_1)+(3 \times I_2)$$

$$10.5=5I_1+3I_2 \quad (3)$$

نعوض من (1) في (2) و(3) فتصبح

$$5.5=3I_1+3I_3+I_3=3I_1+4I_3$$

$$10.5=5I_1+3I_1+3I_3=8I_1+3I_3$$

نوجد معاملات I_3 بضرب المعادلة الأولى في 3 والمعادلة الثانية في 4 :

$$16.5=9I_1+12I_3$$

$$42=32I_1+12I_3$$

نطرح المعادلتين (2) و (3) من بعضهما

$$42-16.5=8I_1-3I_1+3I_3-4I_3$$

$$25.5=32I_1-9I_1+12I_3-12I_3=23I_1$$

$$I_1=\frac{25.5}{23}=1.1A$$

نعوض في المعادلة (3) لحساب I_2

$$10.5=5I_1+3I_2=5.5+3I_2$$

$$10.5-5.5=3I_2$$

$$I_2=\frac{5}{3}=1.66A$$

نعوض في القانون (1) لحساب I_3

$$I_2=I_1+I_3$$

$$I_3=I_2-I_1=1.6-1.1=0.5A$$

1- مقاومتان 10Ω و 8Ω 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:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{10}+\frac{1}{8}$$

$$R=\frac{10 \times 8}{10+8}=\frac{80}{18}$$

$$=4.44\Omega$$

المقاومة الكلية تساوي 4.44 أوم.

2- ما هي وحدة المقاومة الكهربائية ؟

(أ) أمبير (ج) فولت

(ب) أوم ✓ (د) كولوم

3- احسب المقاومة المكافئة للمقاومتين 3Ω و 6Ω الموصولتين على التوازي ؟

(أ) 2Ω ✓ (ج) 18Ω

(ب) 9Ω (د) 0.5Ω

4- ربط مقاومتين على التوالي يجعل ؟

(أ) $I_1=I_2$ و $v_1=v_2$ (ج) $I_1 \neq I_2$ و $v_1=v_2$

(ب) $I_1=I_2$ و $v_1 \neq v_2$ ✓ (د) $I_1 \neq I_2$ و $v_1 \neq v_2$

5- ربط مقاومتين على التوازي يجعل ؟

(أ) $I_1=I_2$ و $v_1=v_2$ (ج) $I_1 \neq I_2$ و $v_1=v_2$ ✓

(ب) $I_1=I_2$ و $v_1 \neq v_2$ (د) $I_1 \neq I_2$ و $v_1 \neq v_2$

6- ربطنا اربع مقاومات على التوالي 1Ω ، 2Ω ، 3Ω ، 4Ω مع بطارية قدرتها 12V احسب التيار المتدفق في الدائرة ؟ $I=\frac{v}{r_1+\dots+r_4}$

(أ) $1.2A$ ✓ (ج) $12A$

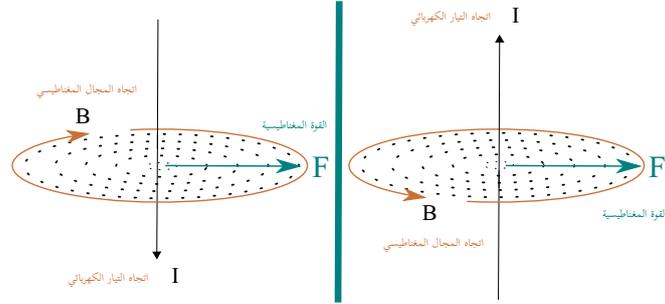
(ب) $10A$ (د) $22.5A$

7- جميع الأجهزة الكهربائية المنزلية موصولة على التوازي لأن ؟

(أ) فرق الجهد ثابت ✓ (ج) التيار الكهربائي ثابت

(ب) المقاومة ثابتة (د) المقاومة النوعية ثابتة

المجال المغناطيسي



- المجال المغناطيسي
- القوة المغناطيسية
- الحث المغناطيسي

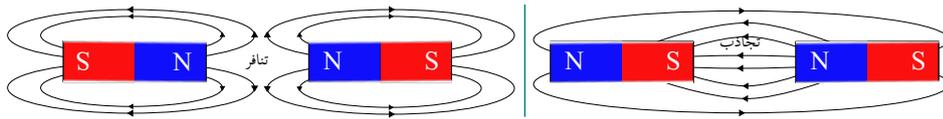
مقدمة

تنشأ المغناطيسية (العزم المغناطيسي) نتيجة إعادة ترتيب العزم المغناطيسي للالكترونات الموجودة في المدار الفرعي $3d$ في المواد القابلة للمغنطة بحيث يصبح دورانها في نفس الاتجاه، وذلك إما بشكل طبيعي داخل الأرض، أو بشكل صناعي بعدة طرق، منها تمرير تيار شدته $3-4A$ في خليط من الحديد وبعض المعادن القابلة للمغنطة مثل النيكل والكوبلت والنيوديميوم، ولمدة $20-30s$ ، أو بالتليد للمواد الفريتية، ومن أقواها مغناطيس النيوبيديوم $Nd_2Fe_{14}B$ ، كما يمكن صنع مغناطيس كهربائي مؤقت بإمرار التيار الكهربائي في ملف يحيط بقلب معدني، إلا أن الأخير يفقد مغناطيسيته عند فصل التيار. وقد استفاد الإنسان من هذه الخاصية في معرفة الاتجاهات باستخدام البوصلة، فالقطب الشمالي لآبرة البوصلة يتجه للقطب الجنوبي المغناطيسي للأرض، والعكس صحيح، كما استفاد من المغناطيسية في صنع قلوب المولدات الكهربائية ومكبرات الصوت.



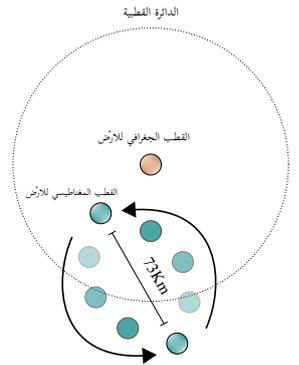
شكل 17.1: البوصلة [11]

الأقطاب المغناطيسية



شكل 17.2: الأقطاب المغناطيسية

لكل مغناطيس قطبان، شمالي N وجنوبي S ، والأقطاب المغناطيسية تشبه في تجاذبها وتنافرها، تتفاعل الشحنات مع بعضها، فالأقطاب المتشابهة تتنافر، والأقطاب المختلفة تتجاذب، فإذا وضع قطب شمالي لمغناطيس أمام قطب شمالي لمغناطيس آخر فإنهما يتنافران لتشابههما، أما لو جعلنا القطب الشمالي للمغناطيس الأول أمام القطب الجنوبي لمغناطيس آخر فإنهما يتجاذبان.

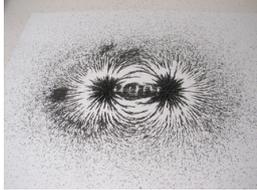


شكل 17.3: القطب المغناطيسي للأرض لا يتطابق مع قطبها الجغرافي، ويتغير مكانه في مدى 73 كم في كل عام.

17.1 المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي هو الحيز الذي يحيط بالمغناطيس ويظهر فيه أثره.

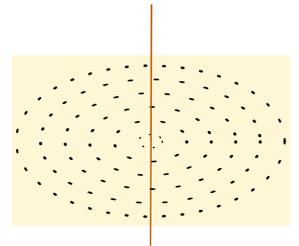
إن الآبرة المعدنية على سبيل المثال، تنجذب للمغناطيس طالما كانت في مدى معين، يختلف باختلاف قوة المغناطيس، فإذا خرجت من هذا المدى، فقدت المغناطيس قدرته على التأثير عليها؟!، إن المدى الذي يؤثر فيه المغناطيس يمثل بخطوط تسمى خطوط المجال المغناطيسي، وتكون خطوط المجال خارجة من القطب الشمالي N للمغناطيس، وداخلة للقطب الجنوبي S منه. ولكي نستطيع رؤية خطوط المجال المغناطيسي، نقوم بوضع المغناطيس على ورقة بيضاء، ثم نثر برادة الحديد على الورقة، فتتشكل البرادة على شكل خطوط المجال المغناطيسي، كما في الصورة.



شكل 17.4: برادة الحديد ترسم خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس. [11]

17.1.0.1 المجال المغناطيسي في سلك

حين يمر التيار الكهربائي في سلك فإنه ينتج مجال مغناطيسي على شكل دوائر مركزها السلك، وهذه الدوائر تمثل المنطقة التي تؤثر فيها شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي)، ويكون اتجاه القوة المغناطيسية F عمودي على السلك، وفي نفس مستوى خطوط المجال حول السلك، كما في الرسم التوضيحي، وتستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير، لتحديد اتجاه التيار I والمجال المغناطيسي B .



شكل 17.5: المجال المغناطيسي

17.1.0.2 شدة المجال المغناطيسي عند نقطة

شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي) هو قوة المجال المغناطيسي المؤثر على نقطة معينة نتيجة مرور تيار كهربائي معين.

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} \quad (17.1)$$

$$B = \frac{F}{IL \sin\theta} \quad (17.2)$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية للهواء، I شدة التيار الكهربائي، d المسافة العمودية على السلك، F القوة المغناطيسية.

1مكتشف هذه الظاهرة الدنمركي هانز أورستيد المتوفي عام 1851م.

التسلا $Tesla$ هي شدة المجال المغناطيسي التي تولد قوة $1N$ في سلك طوله $1m$ ويمر به تيار $1A$.²

مثال 17.1.95 السؤال

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 0.17}$$

$$= 1.41 \times 10^{-5} Tesla$$

احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $17cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $12A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi \times 10^{-7} weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=12A$ ، $d=0.17m$

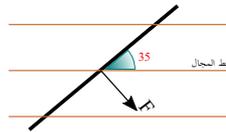
التطبيق:

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

النتيجة: شدة المجال المغناطيسي عند النقطة تساوي

$$.1.41 \times 10^{-5} Tesla$$

مثال 17.1.96 السؤال



أ) احسب القوة المغناطيسية التي يؤثر بها مجال مغناطيسي شدته $9Tesla$ عامودي على سلك طوله $15cm$ ، ويمر به تيار شدته $3A$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=3A$ ، $L=0.15m$ ، $F=9A$

التطبيق:

$$F = BIL \sin \theta$$

$$= 9 \times 3 \times 0.15 \times \sin 90$$

$$= 4.05N$$

النتيجة: مقدار القوة المغناطيسية تساوي $4.05N$.

ب) أعد حساب القوة المغناطيسية إذا كانت الزاوية بين السلك وخطوط المجال 35° ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=3A$ ، $L=0.15m$ ، $F=9A$ ، أن القوة المغناطيسية انخفضت عندما قلت الزاوية عن 90° درجة. $\theta=35^\circ$

$$F = BIL \sin \theta$$

$$= 9 \times 3 \times 0.15 \times \sin 35$$

$$= 2.32N$$

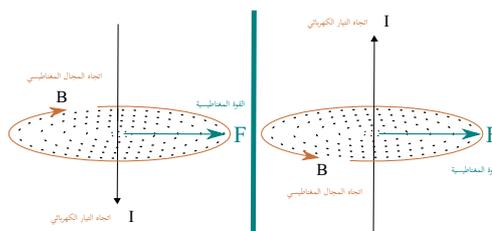
النتيجة: مقدار القوة المغناطيسية تساوي $2.32N$ ، لاحظ

أن القوة المغناطيسية انخفضت عندما قلت الزاوية عن 90° درجة.

* هدف وجداني

اتجاه المجال المغناطيسي يشبه الطواف، فاتجاه الطواف هو اتجاه المجال المغناطيسي، واتجاه السماء هو اتجاه التيار.

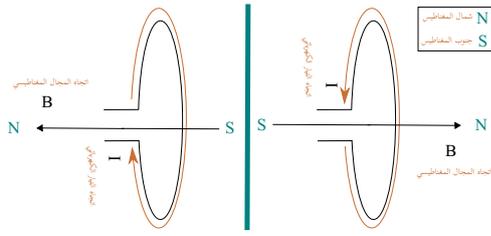
اتجاه المجال المغناطيسي في سلك لتعيين المجال المغناطيسي نستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير، فنمسك السلك بقبضة اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام باتجاه مرور التيار، ورؤوس الأصابع المنحنية تمثل اتجاه المجال المغناطيسي.



شكل 17.6: اتجاه المجال المغناطيسي في سلك

اتجاه المجال المغناطيسي في ملف لتعيين المجال المغناطيسي نستخدم اليد اليمنى، فنضع قبضة اليد اليمنى بحيث يكون اتجاه الأصابع في نفس اتجاه التيار الكهربائي، عندها يمثل الإبهام اتجاه المجال المغناطيسي.

² تسلا فيزيائي امريكي اخترع مولد التيار المتردد والبت الراديوي توفي عام 1943م.



شكل 17.7: اتجاه المجال المغناطيسي في ملف

قاعدتي فلمنج لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي

الإصبع	اليمنى	اليسرى
	للمولدات الكهربائية	للمحركات الكهربائية
السبابة للأمام	المجال الكهربائي	المجال الكهربائي
الابهام للأعلى	الحركة	الحركة
الوسطى	التيار لليسار	التيار لليمين

جدول 17.1: قاعدة فلمنج لاتجاه المجال المغناطيسي

شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف هو قوة المجال المغناطيسي الموزع في كل نقطة في المكان في اتجاه معين منتظم.

$$B = \frac{\mu NI}{2r} \quad (17.3)$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية للهواء، I شدة التيار الكهربائي، N عدد لفات الملف، r نصف قطر الملف.

$$B = \frac{\mu NI}{L} \quad (17.4)$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية لمعدن الملف، I شدة التيار الكهربائي، N عدد لفات الملف، L طول الملف.

مثال 17.1.97 السؤال

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 12}{2 \times 0.1}$$

$$= 3.76 \times 10^{-3} \text{ Tesla}$$

احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف نصف قطره 10cm وعدد لفاته 50 لفه، ويمر به تيار مقداره 12A ، حيث نفاذية الهواء $4\pi \times 10^{-7} \text{ weber/A.m}$ ؟

الحل

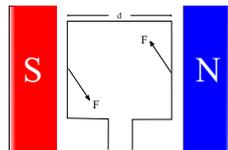
تعيين المعطيات: $N=50$ ، $I=12A$ ، $r=0.1m$

التطبيق:

$$.3.76 \times 10^{-3} \text{ Tesla}$$

$$B = \frac{\mu NI}{2r}$$

العزم المؤثر على الملف في المحركات الكهربائية يتم التأثير على الملف داخلها بقوة مغناطيسية تجعله يدور، عن طريق تمرير تيار كهربائي فيه، والعزم المؤثر على الملف هو عزم ازدواج، ولهذا نستخدم قانون العزم الذي سبق شرحه في الفصل الثاني من الكتاب.



$$\tau = F \times d \quad (1)$$

حيث d في عزم الازدواج هو المسافة العمودية بين القوتين .
وعرفنا أن القوة المغناطيسية تساوي

$$F = BLI \sin \theta \quad (2)$$

وبالتعويض من (2) في (1) نجد:

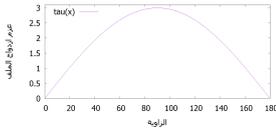
$$\tau = BLId \sin \theta$$

وحيث أن الملف مستطيل وطوله L وعرضه d :

$$A_{\text{المساحة}} = L \times d$$

$$\therefore \tau = NBI A \sin \theta$$

حيث N عدد اللفات.



شكل 17.8: عزم ازدواج الملف

مثال 17.1.98 السؤال

$$\begin{aligned} \tau &= NBI A \sin \theta \\ &= 30 \times 5 \times 4 \times 50 \times 10^{-4} \times \sin 40^\circ \\ &= 1.92 \text{ N.m} \end{aligned}$$

احسب عزم الازدواج على ملف مساحته 50 cm^2 مكون من 30 لفة، ويمر به تيار 4 A ، والزاوية بين المتجه العمودي على مستوى الملف وخطوط المجال المغناطيسي 40° ، وشدة المجال المغناطيسي 5 Tesla ؟

الحل

تعيين المعطيات: $B = 5 \text{ T}$ ، $\theta = 40^\circ$ ، $I = 4 \text{ A}$ ، $A = 50 \text{ cm}^2$

النتيجة: عزم الازدواج المؤثر على الملف 1.92 نيوتن.متر.

التطبيق:



شكل 17.9: الامتار

أجهزة قياس الكهرباء

- الفولتميتر: جهاز لقياس فرق الجهد الكهربائي وهو جلفانوميتر مع مقاومة كبيرة جدا على التوالي معه.
- الأميتر: جهاز لقياس شدة التيار الكهربائي وهو جلفانوميتر مع مقاومة صغيرة جدا موصولة على التوازي معه.
- الجلفانوميتر: جهاز لقياس التيارات الضعيفة جدا.
- الاموميتر: جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربائية.

17.2 الحث الكهرومغناطيسي

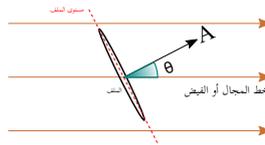
الحث الكهرومغناطيسي هو إنتاج فرق جهد كهربائي في موصل ثابت تحت تأثير مجال مغناطيسي متغير، أو موصل متحرك داخل مجال مغناطيسي ثابت، نتيجة تغير في الفيض المغناطيسي. وقد اكتشفت ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي على يد فاراداي³، حيث قام بتمرير مغناطيس داخل ملف موصول بجلفانوميتر (ليستفيد من قدرة الجلفانوميتر على قياس التيارات الضعيفة جدا)، ولاحظ تكون تيار كهربائي صغير عند ادخال المغناطيس في الملف أو اخراجه منه، واستنتج أن هذا التيار نتج عن تغير في الفيض المغناطيسي $\Delta \Phi \neq 0$ عند تقاطع خطوط المجال المغناطيسي مع الملف.

وكلما زادت شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض) الساقطة على الملف كلما زاد التيار الحثي المتولد، كما لاحظ أن زيادة مساحة سطح الملف تزيد من التيار المتولد، ثم وجد

³فيزيائي انجليزي توفي عام 1867م.

$$\Phi = \Delta B \cdot A \cdot \cos\theta$$

حيث Φ الفيض المغناطيسي، θ الزاوية بين خطوط المجال المغناطيسي (الفيض المغناطيسي) والمتجه العمودي على مستوى الملف، فإذا كانت خطوط المجال موازية للمتجه العمودي على مستوى الملف، فإن الزاوية بينهما 0° ، وإذا كانت عمودية عليها تكون الزاوية بينهما 90° .



أي أن

قانون فاراداي تتناسب القوة الدافعة الكهربائية طرديا مع الفيض المغناطيسي الساقط على الملف خلال الزمن.

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (17.5)$$

حيث ε القوة المحركة الكهربائية الحثية، Φ التدفق المغناطيسي، N عدد لفات الملف، A مساحة الملف، - الإشارة السالبة تشير إلى أن القوة الدافعة المستحثة والتيار المتولد، تعاكس اتجاه القوة المسببة لها.

مثال 17.2.99 السؤال

ملف كهربائي مساحته 120cm^2 وعدد لفاته 100 لفة، يتعرض لمجال مغناطيسي تتغير شدته من $0-0.002\text{Tesla}$ خلال 0.3s ، احسب القوة المحركة الكهربائية الحثية؟

الحل

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$$= -100 \times \frac{2.4 \times 10^{-5}}{0.3}$$

$$= 0.008\text{V}$$

النتيجة: القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف تساوي 0.008 فولت.

تعيين المعطيات: $B_1=0\text{T}$ ، $N=100$ ، $A=120\text{cm}^2$ ، $t=0.3\text{s}$ ، $B_2=0.002\text{T}$

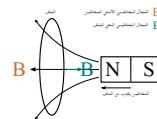
التطبيق: حساب الفيض المغناطيسي

$$\Phi = \Delta B \cdot A$$

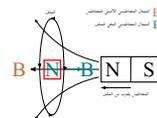
$$= (0.002 - 0) \times 120 \times 10^{-4}$$

قاعدة لينز يكون اتجاه التيار الحثي في ملف معاكس للتغير المسبب له.

مجال مغناطيسي حثي $B_{induction}$ يعمل على المحافظة على مستوى المجال المغناطيسي، فإذا زاد الفيض المغناطيسي نتيجة اقتراب المغناطيس، فإنه ينتج مجال مغناطيسي حثي معاكس له لكي ينقصه، وإذا نقص الفيض المغناطيسي نتيجة ابتعاد المغناطيس، فإنه ينتج مجال مغناطيسي حثي في نفس اتجاهه لكي يزيده.



وهذا يعني أن المجال المغناطيسي B المتولد من المغناطيس الذي تخترق خطوطه ملف معين تتسبب بتولد



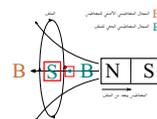
له هو الجنوب، وتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الملف بحيث يكون الإبهام باتجاه الشمال، نجد أن التيار يسير في الملف عكس عقارب الساعة. ويجب ملاحظة أن قطب المغناطيس وقطب الملف المواجه له كلاهما N ، لذا يجب بذل شغل يقاوم تنافرها أثناء اقتراب المغناطيس، وهذا الشغل هو الذي يتحول إلى طاقة حركية للالكترونات منتجا التيار.

إن خطوط المجال تكون دائما خارجه من القطب الشمالي، لذا يكون قطب الملف الذي نتج منه المجال المغناطيسي الحثي B_{ind} هو الشمال، والقطب المعاكس

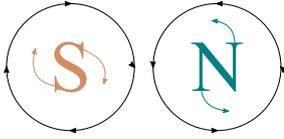
* ومضة

اتجاه B هو دائما اتجاه القطب الشمالي لنفس الجسم .

أما إذا كان المغناطيس يبتعد فإن الفيض المغناطيسي ينقص، فينتج مجال مغناطيسي حثي B_{ind} في نفس اتجاه المجال المغناطيسي الأصلي B لكي يزيده، أي إلى داخل



الملف، وبهذا يكون القطب الشمالي للملف إلى الداخل، عقارب الساعة. ونلاحظ أن قطب المغناطيس N وقطب والقطب المواجه للمغناطيس هو الجنوبي، وإذا طبقنا قاعدة اليد اليمنى على الملف بحيث يكون الإبهام باتجاه الشمال (إلى الداخل)، نجد أن التيار في الملف يتحرك في اتجاه حركة لالكترونات منتجا التيار.



شكل 17.10: إتجاه I في نفس اتجاه أطراف الحرفين.

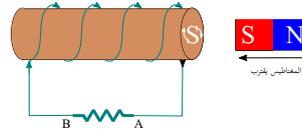
كما يمكن الاستدلال على اتجاه التيار في الملف بعد تعيين القطب المواجه للمغناطيس، سواء كان شمالي أم جنوبي، وذلك بدلالة أطراف الحرفين N و S في الملف المحثوث، كما هو موضح في الرسم في الهامش.

مثال 17.2.100 السؤال

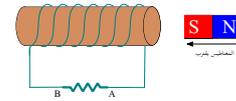
حدد اتجاه التيار في الملف التالي؟

الحل

تعيين المعطيات:

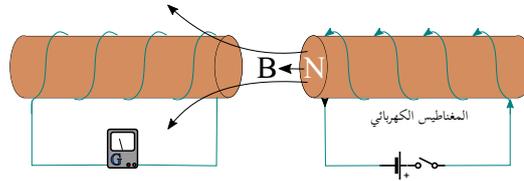


التطبيق:



النتيجة: يكون اتجاه التيار من A إلى B .

الحث المتبادل بين ملفين إن المغناطيس الذاتي له سلبه، وهي أن شدة مجاله ثابتة، ولا نستطيع زيادتها أو إنقاصها، لذا يستخدم المغناطيس الكهربائي في كثير من الأحيان، حيث يتكون فيه مجال مغناطيسي عند إغلاق دائرته الكهربائية، ويختفي المجال إذا فُتحت. وتزداد شدة المجال المغناطيسي الخارجة منه بزيادة شدة التيار، وتقل بإنقاصها.



شكل 17.11: الحث المتبادل بين ملفين

ويجب ملاحظة أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية والتيار الحثي ستصبح صفر عندما:

- يكون المغناطيس الكهربائي مطلقاً (دائرته مفتوحة).
- يكون الفيض المغناطيسي ثابت (ثبات عدد خطوط المجال التي تسقط على وحدة المساحات من الملف)، بسبب ثبات شدة تيار المغناطيس الكهربائي $\Delta I=0$ ، أو ثبات المغناطيس الكهربائي والملف الحثي في مكانهما.

يتم حساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية في ملف الحث المتبادل باستخدام القانون :

$$\epsilon = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (17.6)$$

$$M = \frac{k \mu N^2 A}{L}$$

حيث M معامل الحث المتبادل بين ملفين (أو معامل الحث الذاتي)، I التيار المار في المغناطيس الكهربائي، t الزمن، k النفاذية النسبية للمعدن، N عدد اللفات، A مساحة الملف، ϵ القوة الدافعة الكهربائية.

* ومضة

الهنري هو معامل الحث الذاتي لملف القوة الدافعة الحثية له $1V$ ويمر به تيار $1A$ في الثانية.

مثال 17.2.101 السؤال

$$5 = -M \times 20$$

$$M = -\frac{5}{20} = -0.25H$$

النتيجة: معامل الحث الذاتي للملف يساوي 0.25 هنري،
والإشارة السالبة تدل على أنها تعاكس اتجاه القوة المسببة
لها.

ملف كهربائي يتغير التيار المار به بمعدل 20A في
الثانية الواحدة، فإذا علمت أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية
5V، احسب معامل الحث الذاتي له؟

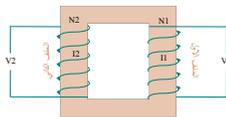
الحل

$$\varepsilon = 5V, \frac{\Delta I}{\Delta t} = 20$$

التطبيق:

$$\varepsilon = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ومن استخدامات الحث المتبادل، محولات الكهرباء الحثية، وهي ملفات حث ذاتي، سواء الرفع للجهود والتي توضع عادة في
بداية خطوط نقل الكهرباء ذي الضغط العالي والقادم من محطات توليد الكهرباء، أو محولات خفض الجهود التي توضع في
نهاية خطوط الضغط العالي، لتجعل الجهد قابل للاستخدام في المنازل، فينخفض من آلاف الفولتات إلى 110V أو 220V،
ويلاحظ أن القلب المعدني مكون من رقائق معدنية ملتصقة ببعضها، وليس كتلة واحدة من المعدن! وذلك لمنع تكون
التيارات الدوامية التي تسبب تسخين القلب المعدني، ويمكن التخلص من التيارات الدوامية بطريقة أخرى وهي صنع القلب
المعدني من برادة أو مسحوق الحديد الذي يلصق بالشكل المطلوب. [2]



شكل 17.12: المحول الكهربائي

ويتم تعيين تيار الخرج وجهده باستخدام القانون

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (17.7)$$

حيث I شدة التيار، V فرق الجهد الكهربائي، N عدد لفات الملف.

أي أن فرق الجهد وعدد اللفات تتناسب عكسيا مع شدة التيار الكهربائي، فزيادة عدد اللفات في الملف الأول أو زيادة فرق
الجهود فيه ستؤدي إلى نقصان شدة التيار الخارجة منه، وهذه ميزة تستخدم في خطوط الضغط العالي، حيث يرفع الجهد إلى
عشرات الآلاف من الفولتات، وهذا يجعل شدة التيار المارة في الأسلاك منخفضة، فيقل الفقد الناتج عن مقاومة الأسلاك.
وتحسب كفاءة المحول بالقانون

$$\mu = \frac{V_2 I_2}{V_1 I_1} \times 100 \quad (17.8)$$

مثال 17.2.102 السؤال

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{1000}{N_2} = \frac{110}{220}$$

$$N_2 = \frac{1000 \times 220}{110} = 2000$$

النتيجة: عدد اللفات في الملف الثاني 2000 لفة.

في محول كهربائي، كم عدد اللفات اللازمة لتحويل
التيار الكهربائي من 110V إلى 220V حيث عدد لفات
الملف الأول 1000 لفة؟

الحل

$$N_1 = 1000, V_2 = 220V, V_1 = 110V$$

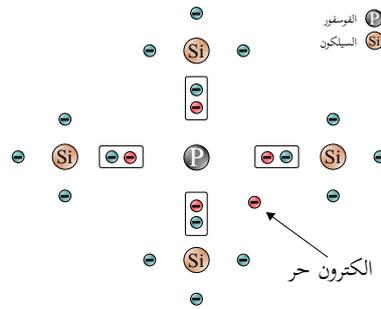
التطبيق:

17.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- خطوط المجال المغناطيسي حول سلك كهربائي تكون على شكل
؟
- 8- يتولد مجال مغناطيسي حول السلك الذي يمر به تيار كهربائي ؟
=1.15Tesla
- 9- تقل شدة المجال المغناطيسي بزيادة شدة التيار الكهربائي ؟
- 10- قاعدة اليد اليمنى لفلمنج تستخدم في المحركات الكهربائية ؟
- 11- جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربائية ؟
- 12- ما اسم الجهاز الموضح بالدائرة التالية ؟
- 13- ما اسم الجهاز الموضح بالدائرة التالية ؟
- 14- إذا كان التيار $I_1=4A$ في محول خافض للجهد فإن نتيجة I_2 الأقرن للصحة ؟
- 15- القلب المعدني في المحولات والمولدات مكون من شرائح متلاصقة وليس كتلة واحدة، لمنع التيارات الدوامية ؟
- 1- خطوط المجال المغناطيسي حول سلك كهربائي تكون على شكل
؟
- 2- إذا مر تيار كهربائي في سلك بجوار بوصلة فإن مؤشر البوصلة سيتحرك ؟
- 3- في قاعدة فلمنج لليد اليسرى (المحركات) ، يمثل الأبهام ؟
- 4- التسلا هي وحدة ؟
- 5- الإلكترونات التي يسبب عزم دورانها ظاهرة المغناطيسية، موجودة في المدار الفرعي ؟
- 6- احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $20cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $4A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi \times 10^{-7} weber/A.m$ ؟
- 7- احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف طوله $24cm$ وعدد لفاته 34 لفة، ويمر به تيار مقداره $0.5A$ ، حيث يحتوي قلب حديدي نفاذيته $1.63 \times 10^{-2} weber/A.m$ ؟
- الحل
تعيين المعطيات: $d=0.2m$ ، $I=4A$
التطبيق:
$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$
$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.2}$$
$$= 4 \times 10^{-6} Tesla$$
- الحل
تعيين المعطيات: $r=0.1m$ ، $I=12A$ ، $N=50$
التطبيق:
$$B = \frac{\mu NI}{L}$$
$$= \frac{1.63 \times 10^{-2} \times 34 \times 0.5}{0.24}$$
- (أ) دوائر ✓
(ب) مثلثات
(ج) مربعات
(د) خطوط مستقيمة
- (أ) خطأ ✓
(ب) خطأ ✓
(ج) خطأ ✓
(د) خطأ ✓
- (أ) خطأ ✓
(ب) خطأ ✓
(ج) خطأ ✓
(د) خطأ ✓
- (أ) الأميتر
(ب) الأوميتر ✓
(ج) الفولتميتر
(د) الجلفانوميتر
- (أ) طول السلك
(ب) التيار
(ج) القوة
(د) شدة المجال ✓
- (أ) الأميتر
(ب) الأوميتر
(ج) الفولتميتر ✓
(د) الجلفانوميتر
- (أ) الأميتر ✓
(ب) الأوميتر
(ج) الفولتميتر
(د) الجلفانوميتر
- (أ) خطأ ✓
(ب) خطأ ✓
(ج) خطأ ✓
(د) خطأ ✓

الالكترونيات الحديثة

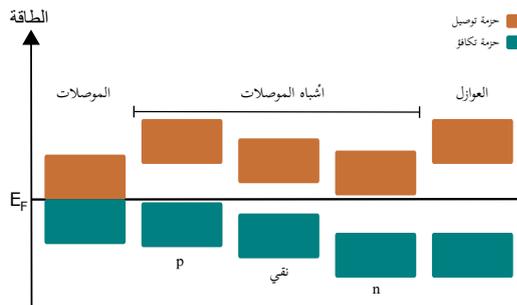


- أشباه الموصلات
- الترانزستور
- البوابات المنطقية

إن المواد الجامدة تتكون من ذرات، إما مرتبة في شكل هندسي منتظم وفي هذه الحالة نسميها بلورات، أو يكون ترتيبها عشوائياً. إن لكل ذرة من هذه الذرات مستويات طاقة قريبة من النواة لا تنتقل الالكترونات الموجودة فيها بسهولة وتسمى حزمة التكافؤ، وهناك الالكترونات أخرى موجودة في مستويات عليا بعيدة عن النواة والالكترونات حرة وتسمى حزمة التوصيل، وبهذا يكون لدينا في كل ذرة حزمة تكافؤ وحزمة توصيل، أي يكون لدينا عدد من مجموعات الحزم مساوي لعدد الذرات في المادة. لكن وجد من تجربة فوغ باستخدام الأشعة السينية لحساب ثابت الشبكة البلوري، أن ذرات المادة الجامدة حين تقترب من بعضها مسافة تساوي ثابت الشبكة البلورية أو أقل فإن جميع حزمها تتحد في حزمتين، حزمة تكافؤ وحزمة توصيل¹ وبينهما الفجوة العازلة أو الفاحلة، ويختلف ثابت الشبكة البلوري من مادة إلى أخرى، فمثلا النحاس ثابتته 3.597 أنجستروم، والسيلكون 5.431 أنجستروم.

وينتج لدينا ثلاث أنواع من المواد الجامدة:

- (1) عندما تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل فلا توجد منطقة عازلة بينهما، في هذه الحالة تكون المادة الجامدة موصلة، أي يوجد عدد كبير من الالكترونات في منطقة التوصيل.
- (2) عندما تكون المسافة بين الحزمتين صغيرة ويمكن أن تنقص بزيادة درجة الحرارة، بحيث تسمح للالكترونات بالانتقال من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، في هذه الحالة تكون المادة شبه موصلة، ويجب أن ننتبه إلى أن حزمة التوصيل في شبه الموصل تكون خالية من الالكترونات عند الصفر المطلق فقط، لكنها تزداد بزيادة درجة الحرارة، ومع هذا لا تصل إلى نفس عدد الالكترونات في حزمة توصيل الموصل.
- (3) عندما تكون المسافة كبيرة إلى درجة لا تسمح بانتقال الالكترونات حتى مع تغير درجة الحرارة، في هذه الحالة تكون المادة عازلة، لكن هذا لا يعني أن حزمة التوصيل في المادة العازلة خالية تماما من الالكترونات، وإنما عدد الالكترونات بها قليل جدا، ويمكن زيادته لكن عند درجات حرارة عالية تجعل العملية مكلفة وغير مجدية.



شكل 18.1: التوصيلية ومستوى طاقة فيرمي

ويمكن حساب مستوى طاقة فيرمي لمادة معينة بالقانون:

$$E_F = \frac{(hc)^2}{8mc^2} \left(\frac{3}{\pi}\right)^{2/3} n^{2/3} \quad (18.1)$$

$$E_F = 5.848 \times 10^{-38} \times n^{2/3}$$

حيث E_F مستوى طاقة فيرمي للمادة، h ثابت بلانك، $n = \frac{N}{V}$ عدد الالكترونات في وحدة الحجم، m كتلة الالكترون، c سرعة الضوء.

مثال 18.0.103 السؤال

$$E_F = 5.848 \times 10^{-38} \times (8.5 \times 10^{28})^{2/3}$$

احسب طاقة مستوى فيرمي للنحاس؟

الحل

$$E_F = \frac{1.13 \times 10^{-18} J}{1.6 \times 10^{-19}} = 7.06 eV$$

تعيين المعطيات: $n = \frac{N}{V} = 8.5 \times 10^{28} e/m^3$

النتيجة: مستوى طاقة فيرمي للنحاس يساوي 7.06 الالكترون

التطبيق:

فولت.

$$E_F = 5.848 \times 10^{-38} \times n^{2/3}$$

¹ لترجم أيضا نطاق تكافؤ ونطاق توصيل، لأنها ترجمة كلمة band .

18.1 أشباه الموصلات

تنقسم المواد حسب توصيليتها إلى:

موصلة هي المواد التي توصل التيار الكهربائية مثل النحاس والحديد.

عازلة هي المواد التي لا توصل التيار الكهربائي مثل الخشب والبلاستيك.

شبه موصلة هي المواد التي تتغير قدرتها على توصيل الكهرباء بالشوائب المضافة، والتغير في درجة حرارتها، مثل السيليكون والجرمانيوم.

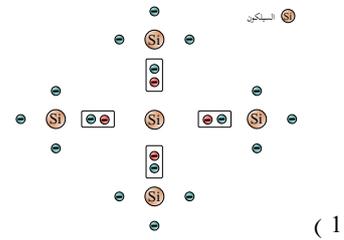
وتزداد ناقلية أشباه الموصلات بارتفاع درجة الحرارة، ويمكن زيادة عدد الشحنات (الكترونات سالبة، فجوات موجبة) بإضافة كمية قليلة من مواد أخرى مانحة *Donor* تعطي الكترونات حرة، أو متقبلة *Acceptor* تعطي فجوات، وتتميز الأدوات الكهربائية المصنوعة من أشباه الموصلات بقلة استهلاكها للكهرباء، وانخفاض الحرارة الناتجة عنها (الطاقة المفقودة)، كما أن عمرها الافتراضي كبير، وأهم مادتين من أشباه الموصلات هي السيليكون والجرمانيوم، لكن يفضل السيليكون على الجرمانيوم لسببين، الأول أنه أكثر وفرة وبالتالي أقل ثمن، والثاني أن التغير في توصيلية الجرمانيوم حساس للحرارة، فكل تغير في درجة الحرارة يسبب تغير كبير في التوصيلية، فتصعب عملية التحكم في الخرج الكهربائي.

الالكترون الحر هو الكترون سالب في شبه الموصل، ولا يرتبط بروابط تساهمية، وله قدرة على الانتقال من ذرة إلى أخرى.

الفجوة هي حيز فارغ حول ذرة شبه الموصل، وتحمل شحنة موجبة، ولديها القدرة على الانتقال من ذرة إلى أخرى.

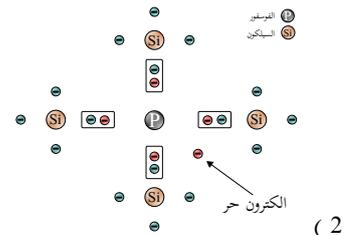
18.1.1 السيليكون

السيليكون Si_{14}^{28} هو عنصر شبه فلزي من المجموعة الرابعة في الجدول الدوري وثابت الشبكة البلوري له 5.431 انجستروم وطاقة الفجوة العازلة له 1.1eV، ويحتوي على 4 إلكترونات في مداره الأخير، فيكون تكافؤه Si^4 ، ولهذا تميل ذرته لتكوين 4 روابط تساهمية مع 4 ذرات لكي تصل للاستقرار²، ويوجد ثلاثة أنواع من الروابط التساهمية التي تصنعها ذرة السيليكون مع الذرات الأخرى:



(1)

روابط تساهمية مع ذرات سيليكون أخرى، وفي هذه الحالة لا توجد الكترونات حرة أو فجوات (عند الصفر المطلق)، وبالتالي يصبح السيليكون عازل للكهرباء، لكن عند تسخينه إلى درجة حرارة معينة، تبدأ روابط الالكترونات بالتكسر، وتنطلق داخل العينة على شكل الكترونات حرة، فتكتسب العينة صفة التوصيلية الكهربائية، ما دامت ساخنة. حيث $n=p$

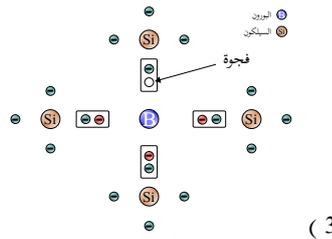


(2)

روابط تساهمية مع ذرات عناصر المجموعة الخامسة، والتي عدد الكترونات مستواها الأخير أكثر من 4، وفي هذه الحالة يتشارك العنصر بأربعة منها مع ذرات السيليكون، والالكترون المتبقي يصبح

تصل الذرة لمرحلة الاستقرار إذا كان في مدارها الأخير 8 إلكترونات.

الكترون حر داخل العينة، ويسمى السيليكون في هذه الحالة شبه موصل من النوع السالب n إختصار *negative*. حيث $n=p+N_D^+$



(3)

روابط تساهمية مع ذرات عناصر المجموعة الثالثة، والتي عدد الكترونات مستواها الأخير أقل من 4، وفي هذه الحالة يتشارك بها العنصر مع ذرات السيليكون، ولأن عددها 3 فإن أحد ذرات السيليكون لن يحصل على إلكترون تساهمي، وسيبقى هناك مكان فارغ له، هذا المكان الفارغ يسمى فجوة *hole*، ويسمى السيليكون في هذه الحالة شبه موصل من النوع الموجب P إختصار *positive*. حيث

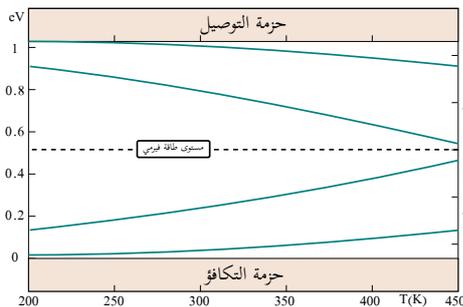
$$p=n+N_A^-$$

حيث n مجموع الالكترونات الحرة في السيليكون والشوائب، p مجموع الفجوات في السيليكون والشوائب، N_D^+ عدد أيونات الشوائب الموجبة، N_A^- عدد أيونات الشوائب السالبة.



شكل 2.18: مكونات تحتوي السيليكون [11]

ويجب ملاحظة نقطتين وهي أن الفجوات والالكترونات الحرة داخل العينة تتحرك بشكل عشوائي، وأن عدد الالكترونات الحرة وعدد الفجوات متساوي وذلك عند الاتزان الحراري لعينة السيليكون النقي، ويتغير موضع مستوى طاقة فيرمي بالنسبة للسيليكون بتغير كمية الشوائب ونوعها كما في الرسم البياني التالي لأربع عينات:



شكل 18.3: تأثير زيادة الشوائب على السيليكون

إن كل خط أخضر على الرسم يمثل تغير موضع الحزمة لكمية شوائب معينة، أي يمثل رسم عينتين n وعينتين p ، ونلاحظ أن زيادة الشوائب المانحة n تؤدي إلى ابتعاد حزمة التوصيل عن مستوى طاقة فيرمي، بينما تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى اقترابها منه. كذلك زيادة الشوائب المتقبلة p تؤدي إلى ابتعاد حزمة التكافؤ عن مستوى طاقة فيرمي، بينما تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى اقترابها منها.

التشويب أو التطعيم

هو عملية إضافة عنصر لشبه الموصل النقي، ويكون عادة عنصر من المجموعة الخامسة في الجدول الدوري إذا اردنا الحصول على شبه موصل من النوع n ، أو عنصر من المجموعة الثالثة إذا اردنا الحصول على شبه موصل من النوع p .

قانون فعل الكتلة ويستخدم لحساب الفجوات أو الالكترونات الحرة في شبه موصل مضاف له شوائب.

$$n_i^2 = np \quad (18.2)$$

حيث n_i تركيز الفجوات أو الالكترونات الحرة في السيليكون النقي، n تركيز الالكترونات الحرة، p تركيز الفجوات.

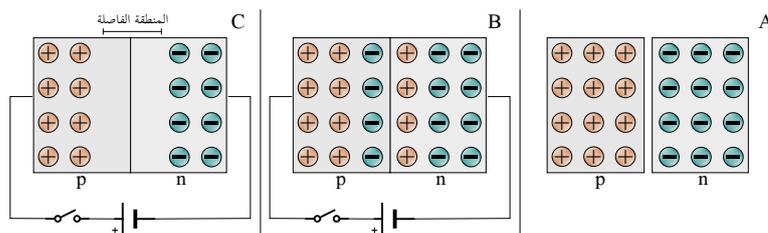
وفي حالة التطعيم من النوع n نعوض عن n بتركيز الشوائب الموجبة N_D^+ حيث D اختصار معطي Donor، وفي حالة التطعيم من النوع p نعوض عن p بتركيز الشوائب السالبة N_A^- حيث A اختصار مستقبلي Acceptor.³

18.1.2 المكونات والنبائط الالكترونية

النبائط الالكترونية هي المكونات التي نضعها في الدائرة الكهربائية، مثل المقاومة والمكثف والترانزستور والملف والدايود وغيرها.

18.1.2.1 الوصلة الثنائية

الوصلة الثنائية هي قطعة الكترونية مكونة من شبه موصل من النوع n موصل به آخر من النوع p .

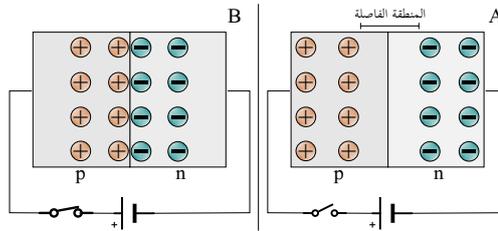


شكل 18.4: الوصلة الثنائية

³ التركيز هو عدد الفجوات أو الالكترونات في وحدة الحجم.

قبل وصل شبه الموصل n وشبه الموصل p ، تكون الإلكترونات الحرة موزعة على n والفجوات موزعة على p عشوائيا كما في الرسم A ، وبمجرد وصلهما في المصنع، تبدأ الإلكترونات الحرة بالانتقال لملء الفجوات في p كما في الرسم B ، فيصبح لدينا منطقة فرق جهدها يساوي $0.7V$ بالنسبة للسيلكون، وتسمى المنطقة الفاصلة أو القاحلة لعدم احتوائها على إلكترونات حرة أو فجوات. وتوجد طريقتين لوصل الوصلة الثنائية بالبطارية:

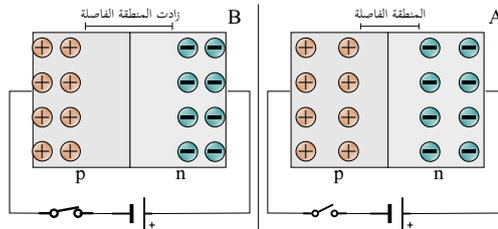
طريقة الانحياز الامامي وتكون بإيصال الأقطاب المتشابهة ببعضها، أي إيصال القطب السالب للبطارية بالجزء السالب n في الوصلة الثنائية، ووصل القطب الموجب في البطارية بالجزء الموجب p في الوصلة الثنائية.



شكل 18.5: الاتجاه الامامي

عندما نقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية فإن الإلكترونات الحرة في n تتنافر مع إلكترونات التيار السالب القادم من البطارية، وهذا يجعلها تقترب من p بشدة وهذا يقلل من عرض المنطقة الفاصلة، ويحدث نفس الشيء عند القطب الموجب، حيث تتنافر الفجوات الموجبة في p ، مع القطب الموجب القادم من البطارية، وهذا يجعلها أيضا تقترب من n بشدة، فيقل عرض المنطقة الفاصلة أكثر وأكثر، وبالتالي يقل فرق الجهد بينهما ويستطيع التيار الكهربائي المرور، وتعمل الدائرة الكهربائية.

طريقة الانحياز العكسي وتكون بإيصال الأقطاب المختلفة ببعضها، أي إيصال القطب السالب للبطارية بالجزء الموجب p في الوصلة الثنائية، ووصل القطب الموجب في البطارية بالجزء السالب n في الوصلة الثنائية.



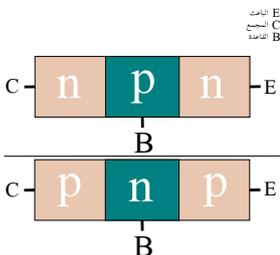
شكل 18.6: الاتجاه العكسي

عندما نقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية (بطريقة الأقطاب المختلفة) فإن الإلكترونات الحرة في n تنجذب للقطب الموجب القادم من البطارية، وهذا يجعلها تتبعد عن p بشدة، وهذا يزيد من عرض المنطقة الفاصلة، ويحدث نفس الشيء في الجهة الأخرى، حيث تنجذب الفجوات الموجبة في p ، إلى القطب السالب القادم من البطارية، وهذا يجعلها أيضا تتبعد عن n بشدة، فيزيد عرض المنطقة الفاصلة أكثر وأكثر، وبالتالي يزيد فرق الجهد بينهما ولا يستطيع التيار الكهربائي المرور، ولا تعمل الدائرة الكهربائية.

18.1.3 الترانزستور

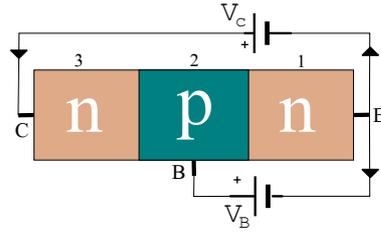
الترانزستور هو مكون الكتروني يتكون من 3 قطع شبه موصلة، الأطراف متشابهة والوسط مختلف. ويوجد نوعين منها npn وهو الأكثر استخداما و pnp ، وهو صغير جدا حيث تكون مساحته عادة $210\mu m^2$ لكنه يغلف بغلاف أكبر منه بكثير.

مكونات الترانزستور الباعث E - المجمع C - القاعدة B



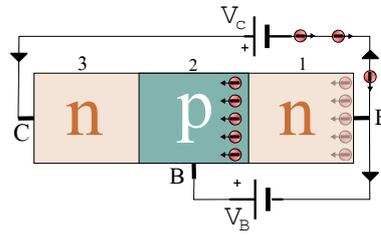
شكل 18.7: الترانزستور

آلية عمل الترانزستور



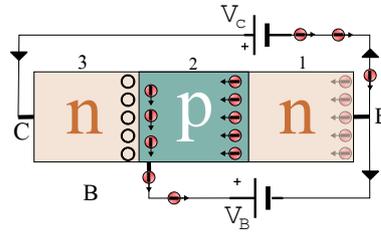
شكل 18.8: آلية الترانزستور

يقوم الباعث E ببعث الشحنات الكهربائية للمجمّع C ، بينما تقوم القاعدة B بالتحكم بمقدار الشحنة الواصلة للمجمّع ولهذا يتم إضافة كمية قليلة من الشوائب للقاعدة لجعل موصليتها منخفضة وبالتالي كمية التيار المار فيها منخفضة. فإذا زاد التيار نسمي الترانزستور «مكبر»، وإذا منع الشحنات نسميه «مفتاح».



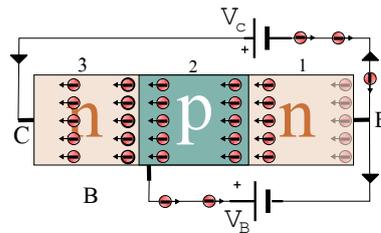
شكل 18.9: الانحياز الأمامي في الترانزستور

وعند إغلاق الدائرة الكهربائية، تبدأ الإلكترونات بالانتقال من القطب السالب للبطارية V_C المغذية للمجمّع، وبعد انتقالها من الباعث E إلى شبه الموصل (1) من النوع n يحصل لها انحياز أمامي وتنتقل الإلكترونات إلى شبه الموصل (2) من النوع p .



شكل 18.10: الانحياز العكسي في الترانزستور

بعد وصول الإلكترونات لشبه الموصل (2)، تحاول العبور إلى شبه الموصل (3)، لكن بما أن (2) من النوع p لذا سيكون نوع الانحياز عكسي ولن تستطيع الإلكترونات العبور إلى المجمّع C ، عندها تقوم دائرة القاعدة بعمل قطب موجب أسفل شبه الموصل p ، وهذا سيجعل الإلكترونات المسببة للانحياز العكسي تنجذب له وتخرج إلى البطارية V_B .



شكل 18.11: مرور التيار في الترانزستور

بعد زوال فرق الجهد المسبب للانحياز العكسي، تتحرك الإلكترونات بسهولة إلى المجمّع، ويصبح الترانزستور كأنه مفتاح كهربائي في وضعية on .

قانون حساب نسبة تكبير التيار في الترانزستور

$$\beta_e = \frac{I_c}{I_B} \quad (18.3)$$

حيث I_c تيار الجامع، I_B تيار القاعدة.

الرقمي والتناظري

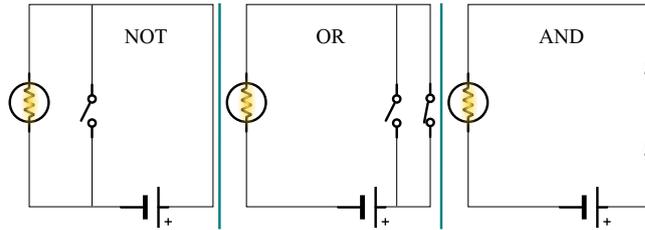
بعد انتشار القنوات الفضائية سمعنا بالقنوات الرقمية *Digital* فما هي قصتها ؟ !، ثم انتشرت إلى أن أصبحت هي الأساس في البث التلفزيوني.

في السابق كان يتم البث التلفزيوني بطريقة البث التناظري، ويعني أن الصورة والصوت تبث على شكل موجات كهرومغناطيسية عادية، يستقبلها التلفزيون ويظهرها على الشاشة كما هي، ورغم سهولة العملية نسبياً، إلا أن المشاهد كان أحياناً يواجه مشكلة في الصوت والصورة على شكل خطوط أو اختفاء لبعض الصور نتيجة تداخل الموجة مع مصادر التشويش المحيطة، فتم اختراع البث الرقمي، ويعني تحويل البيانات قبل إرسالها إلى شفرات مبنية من عدد لا متناهي من 0 و 1، ويسميان *bit* وهي اختصار كلمتي رقم ثنائي *binary digit* وهي نفس الآلية التي يستخدمها الحاسب الآلي في التعامل مع البيانات، وبعد وصول البث الرقمي للتلفزيون تقوم شريحة مدمجة فيه بفك شيفرة البيانات الرقمية وإعادة عرضها على الشاشة، ومن مميزات البث الرقمي القدرة على إرسال النصوص إلى التلفزيونات، وإمكانية إرسال الصوت على عدة مسارات *tracks* مع الصورة.

البواب المنطقية

هي عناصر منطقية تتحكم في عملية مرور التيار 1 أو عدم مرور التيار 0 ولكن بطرق مختلفة.

أشهر البواب المنطقية



شكل 18.12: البواب المنطقية

بوابة الالاسماح *NOT* وهي بوابة بسيطة تعكس القيمة المعطاة، فإذا كان الدخل 1 تعطي 0، والعكس صحيح.

بوابة الاختيار *OR* وهي بوابة لوصول عدة خطوط دخل بالبوابة، وتعطي خرج 1 إذا كان دخل واحد منها أو أكثر يساوي

1.

بوابة التوافق *AND* وهي تعني أننا إذا وصلنا عدة خطوط دخل بالبوابة فإنها لن تعطي خرج 1 إلا إذا كان دخل جميع

الخطوط 1.

18.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- السلكون من المواد ؟
 (ا) شبة الموصلية ✓ (ج) العازلة
 (ب) الموصلية (د) السائلة
- 2- أشباه الموصلات النقية لا توصل التيار الكهربائي إلا إذا أضيف لها شوائب أو حدث تغير في ؟
 (ا) الطول (ج) الكتلة
 (ب) درجة الحرارة ✓ (د) اللون
- 3- أشباه الموصلات نوع n يضاف لها شوائب تملك في مدارها الأخير ؟
 (ا) 3 الكترونات (ج) 5 الكترونات ✓
 (ب) 4 الكترونات (د) 6 الكترونات
- 4- أشباه الموصلات نوع p يضاف لها شوائب تملك في مدارها الأخير ؟
 (ا) 3 الكترونات ✓ (ج) 5 الكترونات
 (ب) 4 الكترونات (د) 6 الكترونات
- 5- تكافؤ السيليكون ؟
 (ا) 2 (ج) 4 ✓
 (ب) 9 (د) 6
- 6- إذا اردنا صنع شبه موصل من النوع n فإننا نضيف له عنصر من المجموعة في الجدول الدوري؟
 (ا) الثالثة (ج) الخامسة ✓
 (ب) الرابعة (د) الثامنة
- 7- إذا اردنا صنع شبه موصل من النوع p فإننا نضيف له عنصر من المجموعة في الجدول الدوري؟
 (ا) الثالثة ✓ (ج) الخامسة
 (ب) الرابعة (د) الثامنة
- 8- أحد الأشياء التالية ليس من النباائط الالكترونية ؟
 (ا) الاميتر ✓ (ج) الوصلة الثنائية
 (ب) المقاومة (د) المكثف
- 9- في الوصلة الثنائية، إذا أوصلنا قطب البطارية الموجب ب n والقطب السالب ب p فإن التيار سيمر في الدائرة الكهربائية ؟
 (ا) صح (ج) خطأ ✓
 (ب) خطأ (د) خطأ
- 10- احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد 20cm من سلك يمر به تيار مقداره 4A ، حيث نفاذية الهواء $4\pi \times 10^{-7} \text{ weber/A.m}$ ؟
الحل
 تعيين المعطيات: $I=4A$ ، $d=0.2m$
 التطبيق:

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.2}$$

$$= 4 \times 10^{-6} \text{ Tesla}$$
- 11- احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف طوله 24cm وعدد لفاته 34 لفة، ويمر به تيار مقداره 0.5A ، حيث يحتوي قلب حديدي نفاذيته $1.63 \times 10^{-2} \text{ weber/A.m}$ ؟
الحل
 تعيين المعطيات: $N=50$ ، $I=12A$ ، $r=0.1m$
 التطبيق:

$$B = \frac{\mu NI}{L}$$

$$= \frac{1.63 \times 10^{-2} \times 34 \times 0.5}{0.24}$$

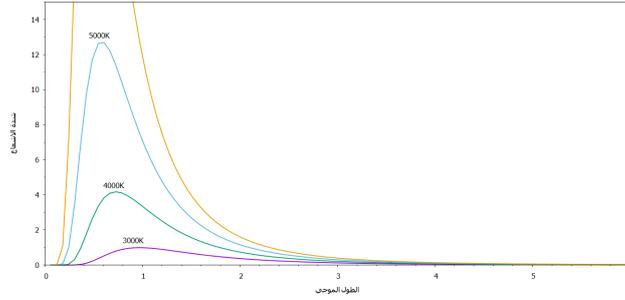
$$= 1.15 \text{ Tesla}$$
- 12- يتولد مجال مغناطيسي حول السلك الذي يمر به تيار كهربائي ؟
 (ا) صح ✓ (ج) خطأ
 (ب) خطأ (د) خطأ
- 13- احسب طاقة مستوى فيرمي للفضة ؟
الحل
 تعيين المعطيات: $n = \frac{N}{V} = 5.86 \times 10^{28} \text{ e/m}^3$
 التطبيق:

$$E_F = 5.848 \times 10^{-38} \times n^{2/3}$$

$$E_F = 5.848 \times 10^{-38} \times (5.86 \times 10^{28})^{2/3}$$

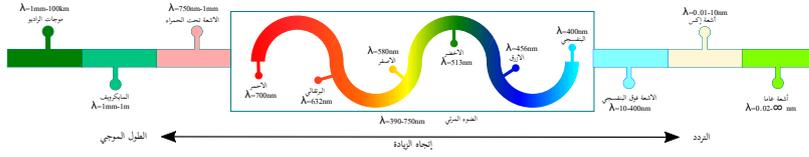
$$E_F = \frac{8.822 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.51 \text{ eV}$$

ازدواجية الموجة والجسيم



- الجسم الأسود
- التأثير الكهروضوئي
- المجهر الالكتروني

الضوء هو موجات كهرومغناطيسية في نطاق محدد من الأطوال الموجية، ويخرج من مصادر متنوعة منها الذاتي الاضاءة مثل الشمس ومنها العاكس مثل القمر، وقد لاحظ العلماء عند دراستهم للضوء الصادر من الأجسام الساخنة، مثل النجوم أو الاجسام المحترقة أنها تصدر أطيايف متعددة من الضوء، ولكل لون شدة إضاءة قصوى تختلف باختلاف درجة الحرارة، فحاولوا تفسير هذه الظاهرة، إلا أنهم فشلوا، حتى جاء بلانك وحلها بناء على فرضية الجسم الأسود لكيرشوف.



شكل 19.2: الموجات الكهرومغناطيسية



شكل 19.1: شعلة الصوديوم [11]

19.1 الجسم الأسود

الجسم الاسود

هو جسم مادي مثالي، عند الإتزان الحراري (عند درجة حرارة ثابتة) يمتص كل الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة عليه، بغض النظر عن ترددها أو زاوية سقوطها، ويعيد بثها على شكل طيف من الأشعة يتناسب مع درجة حرارته، بنفس كثافة الإشعاع في كل الاتجاهات.¹

يتميز الجسم الأسود بأنه عند ثبوت درجة الحرارة:

(1) مشع مثالي: لكل تردد، يبعث مقدار أو أكثر من الطاقة الاشعاعية.

(2) مشع انتشاري: يشع الموجات بنفس الكثافة في كل الاتجاهات (توزيع أيزوتروبيكالي للطاقة).

تم تصميم الجسم الأسود المثالي على شكل صندوق \square من البلاطين²، مطلي داخله بخليط من أكسيد الحديد والكروم والنيكل واكسيد الكوبلت، وبه ثقب صغير لدخول الموجات، ولإزالة يستخدم، لكن أيضا يستخدم تصميم آخر على شكل كرة مجوفة.

19.1.1 قانون بلانك

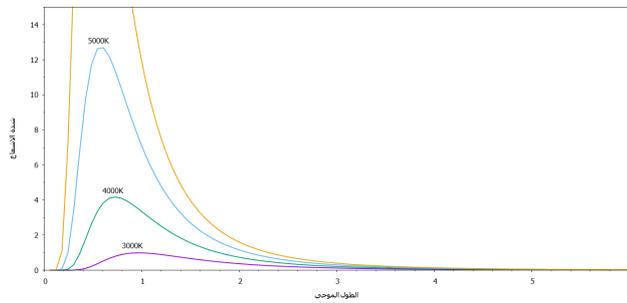
وعندما درس بلانك الجسم الأسود، توصل إلى أن حرارة الجسم هي العامل الوحيد المحدد لكمية الطاقة المنبعثة عند طول موجي معين، وأن الجسم الأسود يشع الموجات الصادرة منه على شكل كمات (فوتونات) غير قابلة للتجزئ.

$$P_{\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

حيث $C_1 = 2hc^2 = 3.7415 \times 10^{-16}$ ، $C_2 = hc/k = 1.43879 \times 10^{-2}$ ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ ، و P طيف الانشعاع.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu$$

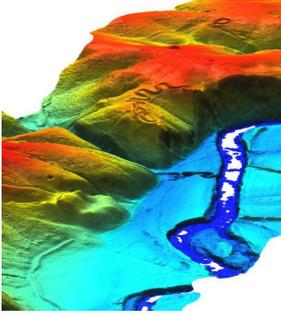
حيث ثابت بلانك $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ، ν التردد، E الطاقة، λ الطول الموجي.



شكل 19.3: منحنى بلانك

ومن الرسم نلاحظ أن الطول الموجي عند شدة الإشعاع القصوى يتناسب عكسيا مع طاقة الموجة المنبعثة، فقمة المنحنى تتزاح لليسار (نقصان λ) بزيادة درجة الحرارة، وتزداد شدته بزيادة درجة الحرارة، فارتفاع القمة باتجاه المحور Y يزداد (زيادة شدة

¹ أول من وضع فكرة الجسم الأسود هو كيرشوف المتوفى 1887م.
² صممه الالمانيان لومر ت 1925م، وكورليوم ت 1927م.



شكل 19.4: الاستشعار عن بعد [10]

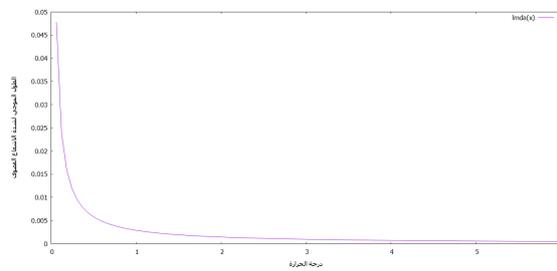
الإشعاع) بزيادة درجة الحرارة. كما نلاحظ أن الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة عن الجسم الأسود تكون بطيف من الأطوال الموجية، أي أن الجسم الأسود - عند نفس درجة الحرارة - يصدر موجات متنوعة، قد يكون منها اللون الطيف والأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، لكن الشدة القصوى تكون عند واحد منها فقط، بالإضافة إلى أن المنحنى ذو التواء *skewness* لليمين دائماً، أما تفرطحه *kurtosis* فيزداد تدبده (مدبب) *leptokurtic* مع ارتفاع درجة الحرارة (معظم القيم بالقرب من الوسط الحسابي)، وهذه ايجابية وسلبية في نفس الوقت، فالإيجابية أننا نستطيع صنع مصابيح ضوئية تعطي شدة إشعاع عند لون معين، أو في الشمس حيث تعطينا جزء من الطيف على شكل ضوء لئرى وجزء كأشعة حرارية تدفئ الأرض، أما كونها سلبية فلأننا نفقد جزء من الطاقة على شكل موجات لا نرغبها، وإنما هدر على شكل موجات تحت حمراء مثلاً، والتصوير الحراري وتقنية الاستشعار عن بعد من التطبيقات العملية على هذا المفهوم.

قانون فين إن قمة توزيع طول موجة الأشعة الحرارية الصادرة من جسم أسود تتزاح نحو أطوال موجية قصيرة مع ارتفاع درجة حرارة الجسم الأسود.

أي أننا إذا نظرنا إلى منحنى بلانك، سنجد أن قمة الموجة يقل طولها الموجي (تتجه لليساار) كلما كانت درجة الحرارة أعلى.

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

حيث b ثابت فين ويساوي $2.897786 \times 10^{-3} K.m$ ، و T درجة الحرارة بالكالفن.



شكل 19.5: منحنى فين

وبما أن درجة الحرارة T في المقام ، لذا هي متناسبة عكسيا مع الطول الموجي λ للشدة القصوى، أي كلما زادت درجة الحرارة قل الطول الموجي للشدة القصوى وزاد التردد، وهذا يفسر زيادة توهج وايضا للمعادن مع زيادة درجة حرارتها. ويستفاد من هذه الظاهرة في بعض الاستخدامات العملية مثل:

- الاستشعار عن بُعد وهو نوع من التصوير للأرض بالأقمار الصناعية.
- التصوير الحراري للأجسام سواء للاستخدامات المدنية أو العسكرية.

19.2 التأثير الكهروضوئي والانبعث الحراري

19.2.1 التأثير الكهروضوئي

هو ظاهرة تحدث نتيجة تحرر إلكترون بتأثير موجة كهرومغناطيسية ساقطة عليه، تكون طاقتها أكبر أو تساوي دالة الشغل الحرجة (الطاقة الحرجة)، ويسمى تردد الموجة الساقطة في هذه الحالة بتردد العتبة، أي إذا كان تردد الموجة الساقطة (الفوتون) \leq تردد العتبة فإن الإلكترون سيتحرر، أما إذا كان التردد اقل من ذلك فلن يحدث شيء، وأول من لاحظها العالم هيرتز، حيث شاهد ومضات تظهر على سطح أحد المعادن، وذلك أثناء اجراءه تجارب على الأشعة فوق البنفسجية، وقد سجل هذه الملاحظة، لكنه لم يستطع تفسيرها، ثم جاء أينشتين وفسرها عام 1905م وحصل به على جائزة نوبل.

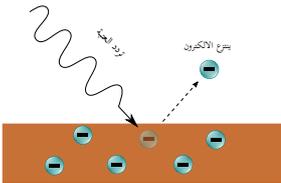
$$E_w = h\nu_c \quad (19.1)$$

حيث ν_c تردد العتبة وينطق نيو h ، ثابت بلانك.

وهي أقل شغل يلزم لتحرير الإلكترون من المعدن، وإذا كانت دالة الشغل E التي أثيرت بها الموجة (الفوتون) المغناطيسية الساقطة على الاكترون، أكبر من دالة الشغل الحرجة E_w ، فإن جزء من الشغل يححر الإلكترون، والشغل المتبقي يُكسب الإلكترون طاقة حركية.

$$E = E_w + \frac{1}{2}mv^2 \quad (19.2)$$

$$KE = hf_1 - hf_0 \quad (19.3)$$



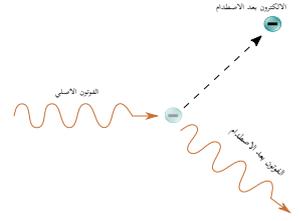
شكل 19.6: التأثير الكهروضوئي

* ومضة

إذا كانت λ للفوتون تقارب المسافة بين ذرات المادة أو اقل، فإن الفوتون ينفذ خلال السطح ولا يصطدم بالالكترونات.

حيث E الشغل الذي تبذله الموجة الساقطة، E_w دالة الشغل الحرجة.

وإذا كانت دالة شغل الموجة الساقطة E أقل من دالة الشغل الحرجة E_w اللازمة لتحرير الإلكترون، فإن الإلكترون لا يتحرر، مهما كانت شدة الموجة، أو زمن تأثيرها على الإلكترون.



شكل 19.7: تأثير كمبتون

19.2.2 تأثير كمبتون

هي ظاهرة تحدث نتيجة سقوط موجة كهرومغناطيسية ذات تردد عال (السينية، غاما)، على إلكترون حر، فينشأ عن ذلك اكتساب الإلكترون لجزء من طاقة الموجة الساقطة مما يزيد من طاقته الحركية ويغير اتجاهه، ويقل تردد الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة ويتغير اتجاهها.³

ويمكننا حساب القوة التي تؤثر بها الفوتونات على السطح بالقانون:

$$F = 2mc\Phi_L$$

$$F = \frac{2h\nu\Phi_L}{c} = \frac{2P_w}{c} \quad (19.4)$$

حيث Φ_L معدل الفوتونات الساقطة/ثانية، P_w قدرة الفوتونات الساقطة على المعدن.

أي أن القوة تزداد بزيادة عدد الفوتونات الساقطة على المعدن.

مثال 19.2.104 السؤال

$$= \frac{2 \times 25}{3 \times 10^8}$$

$$= 16.66 \times 10^{-8} N$$

إذا سقط شعاع قدرته $25Watt$ على سطح، فاحسب القوة التي يؤثر بها على السطح؟

الحل

تعيين المعطيات: $P_w = 25Watt$

التطبيق:

$$F = \frac{2P_w}{c}$$

النتيجة: القوة التي يؤثر بها الشعاع الساقط تساوي 16.66×10^{-8} نيوتن.

$$m = \frac{h\nu}{c^2} \quad (4)$$

نعوض من 4 في 1 :

$$P = \frac{h\nu c}{c^2}$$

$$P = \frac{h\nu}{c} \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (6)$$

ويمكننا استنتاج العلاقة بين كمية الحركة والطول الموجي

$$P = mc \quad (1)$$

$$E = h\nu \quad (2)$$

$$E = mc^2 \quad (3)$$

نساوي المعادلتين 2، 3 :

$$mc^2 = h\nu$$

نعوض من 6 في 5 :

فنحصل على القانون

$$P = \frac{h}{\lambda} \quad (19.5)$$

حيث h ثابت بلانك، P كمية الحركة، λ الطول الموجي.

ونلاحظ من معادلة اينشتاين $E = mc^2$ ، أن للفوتون كتلة، وهذا يثبت الطبيعة الجسيمية للضوء، بالإضافة إلى طبيعته الموجية.

³ آرثر كمبتون فيزيائي أمريكي ت 1962م.

مثال 19.2.105 السؤال

$$m = \frac{h}{\lambda c}$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{400 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^8}$$

$$= 0.552 \times 10^{-33} \text{ Kg}$$

النتيجة: كمية الحركة للفوتون $1.656 \times 10^{-27} \text{ kg.m/s}$
وكتلة الفوتون $5.52 \times 10^{-34} \text{ كيلو جرام}$.

احسب كمية الحركة والكتلة لفوتون طوله الموجي
؟ 400 nm

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda = 400 \text{ nm}$

التطبيق:

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{400 \times 10^{-9}}$$

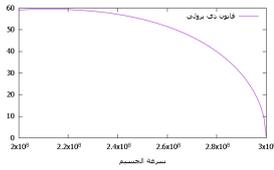
$$= 1.656 \times 10^{-27} \text{ kg.m/s}$$

19.2.3 الطبيعة الموجية للجسيم

استنتج دي برولي⁴ أننا نستطيع تطبيق معادلة كمية الحركة السابقة $P = h/\lambda$ على الجسيمات التي في حجم الذرة أو أقل، وبما أن $P = mv$ فهذا يعني أن الطول الموجي يتناسب عكسيا مع سرعة الجسيم، وافترض أن الجسيم المتحرك له موجه مصاحبة. ووجد العلماء أن الجسيمات الصغيرة حين ترسل على شكل شعاع (صف من الجسيمات المتتابعة)، تصبح لها صفات شبيهة بصفات الموجات، من حيث الانعكاس والانكسار والحيود، بل يمكن تركيزها وتشتيتها بعدسات المجالات الكهربائية والمغناطيسية وهذا دليل على صحة راي دي برولي.

ومن أكثر التطبيقات شهرة وفائدة، على هذه الحقيقة، اختراع المجهر الالكتروني.

قانون دي برولي



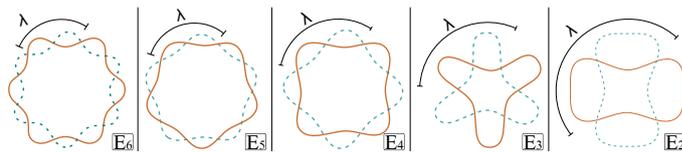
شكل 19.8: إنخفاض طول موجة دي برولي بتأثير زيادة سرعة الجسيم.

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (19.6)$$

$$E = Vq = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

حيث v السرعة، V فرق الكمون (الجهد).

والجزء $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ في المعادلة يستخدم فقط عند السرعات النسبية القريبة من سرعة الضوء.



شكل 19.9: موجة دي برولي للإلكترونات حول البوابة

⁴دي برولي فيزيائي فرنسي ت 1987م.

مثال 19.2.106 السؤال

$$=3.09 \times 10^5 m/s$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{1.67 \times 10^{-27} \times 3.09 \times 10^5}$$

$$=1.28 \times 10^{-12} m$$

النتيجة: طول موجة دي برولي لهذا البروتون $1.28 \times 10^{-12} m$.

احسب طول موجة دي برولي لبروتون ينطلق تحت فرق جهد (كمون) $500V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=500V$ ، $m_p=1.67 \times 10^{-27} kg$ ، $q=1.6 \times 10^{-19} C$ ،

التطبيق:

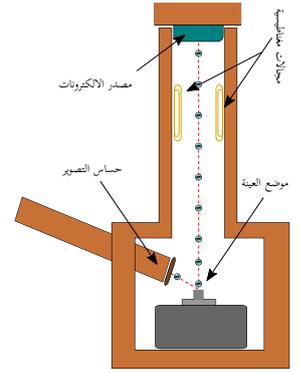
$$v = \sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 500 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}}}$$

19.2.3.1 المجهر الالكتروني

يتكون المجهر الالكتروني من انبوب مفرغ من الهواء، ومثبت في أعلاه مصدر أو جهاز لانتاج الالكترونات (كاثود)، تنطلق منه الالكترونات متجهة لقاعدة الأنبوب، وتمر في طريقها بمجالات مغناطيسية تعمل على تركيزها في مسار محدد. في اسفل الأنبوب توضع العينة المطلوب تصويرها، ويجب طلائها بمادة معدنية قبل ادخالها في المجهر الالكتروني. تنقسم العينات المراد تصويرها إلى نوعين:

- شرائح رقيقة وهذه تعبر من خلالها الالكترونات وتسقط على شاشة فلمية أو حساس ديجيتل *senior* يستقبل الصورة.
- أجسام ثلاثية الابعاد سواء أجساد كائنات حية أو اجسام الجامدة وهذه تسقط عليها الالكترونات وترتد، ويتم استقبالها على حساس الكتروني *sensor* ينقل المعلومات مباشرة لحاسب آلي موصول به، حيث يقوم الحاسب برسم الصورة نقطة بنقطة على شكل رسم ثلاثية الابعاد.



شكل 19.10: المجهر الالكتروني

19.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- الجسم المثالي يمتص كل الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة عليه ؟

- (أ) الأسود ✓ (ج) الأحمر
(ب) الأبيض (د) الأخضر
(ج) 20 photons ✓ (ج) 12 photons
(ب) 15 photons (د) 2 photons

8- احسب كمية الحركة والكتلة لفوتون طوله الموجي 700nm ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=700nm$
التطبيق:

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{700 \times 10^{-9}}$$

$$= 0.946 \times 10^{-27} \text{ kg.m/s}$$

$$m = \frac{h}{\lambda c}$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{700 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^8}$$

$$= 0.315 \times 10^{-33} \text{ Kg}$$

9- احسب سرعة إلكترون وجهده كموهه عندما يكون طوله الموجي 12nm ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=12 \times 10^{-9}m$ ، $m_e=9.1 \times 10^{-31}kg$ ،
 $q=-1.6 \times 10^{-19}C$
التطبيق:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$12 \times 10^{-9} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{1.67 \times 10^{-27} \times v}$$

$$v = 6.06 \times 10^6 \text{ m/s}$$

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

$$V = \frac{mv^2}{2q} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times (6.06 \times 10^6)^2}{2 \times -1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 104.43V$$

10- من نتائج دراسة الظاهرة الكهروضوئية أن الطاقة الحركية للإلكترونات المنحرفة من سطح فلزي تعتمد على ؟

- (أ) طاقة الفوتونات الساقطة ✓ (ج) عدد الإلكترونات
(ب) عدد الفوتونات (د) عدد الكتلة
(أ) أشعة تحت حمراء (ج) ضوء أحمر
(ب) أشعة ميكرويف (د) أشعة سينية ✓

2- توصل بلانك إلى أن العامل الوحيد المحدد لكمية الطاقة المنبعثة عند طول موجي معين ؟

- (أ) حرارة الجسم ✓ (ج) وزن الجسم
(ب) لون الجسم (د) كثافة الجسم

3- الجسم الأسود يشع الموجات على شكل ؟

- (أ) الكترونات (ج) بروتونات
(ب) فوتونات ✓ (د) موجات طوليه

4- الطول الموجي للموجات الصادرة من الجسم الأسود عند شدة الإشعاع القصوى يتناسب طرديا مع طاقة الموجة المنبعثة ؟

- (أ) صح (ب) خطأ ✓

5- في منحني بلانك نجد أن قمة الموجة يقل طولها الموجي كلما كانت درجة الحرارة أعلى ؟

- (أ) صح ✓ (ب) خطأ

6- أقل تردد تسمح بتحرر الإلكترون في التأثير الكهروضوئي ؟

- (أ) تردد العتبة ✓ (ج) تردد الصوت

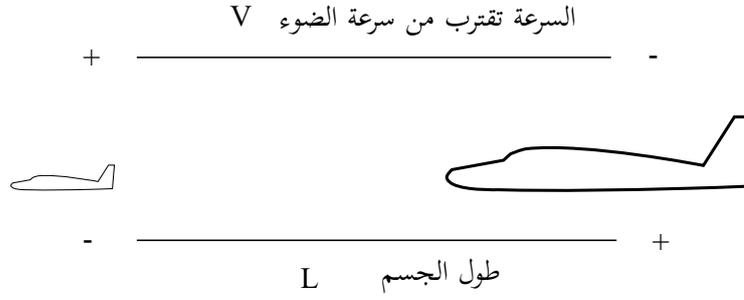
(ب) تردد الربط (د) تردد الرنين

7- أي الموجات التالية يمكن أن تسبب ظاهرة كمبتون ؟

- (أ) أشعة تحت حمراء (ج) ضوء أحمر

(ب) أشعة ميكرويف (د) أشعة سينية ✓

النظرية النسبية



- النظرية النسبية الخاصة
- النظرية النسبية العامة

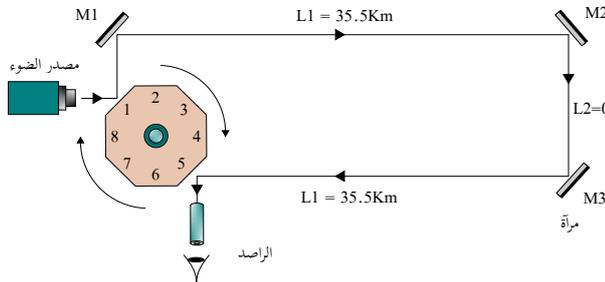
مع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، بدأ علماء الفيزياء بالتعرف على مفاهيم وقوانين جديدة جعلتهم يعيدون النظر في بعض ما كانوا يعتقدون أنها مسلمات. وعلى رأس هذه المسلمات قوانين نيوتن!، فقتانون نيوتن الثاني $F=ma$ ، لم يعد صالحا للاستخدام مع الجسيمات الذرية والتحت ذرية، بسبب صغر كتلتها، ولم يعد صالحا للاستخدام مع الكتل المتسارعة إلى سرعة تقارب سرعة الضوء لأن كتلتها تتغير مع السرعة. وهذا ما دفع علماء الفيزياء للبحث عن مخرج من هذه المشكلة.

النظرية النسبية مبنية على الزمن وسرعة الضوء، لذا يحسن بنا الحديث عن الضوء وتاريخه العلمي، إن العلماء اليونانيين، كانوا يعتقدون بوجود لوامس تخرج من العين مثل أيدي الاخطبوط أو مثل لوامس قنديل البحر، لكنها شفافة، وتقوم هذه اللوامس بتحسس الأشياء، ومن خلالها تتم الرؤية في العين. واستمر هذا التصور إلى أن جاء الحسن بن الهيثم، الذي توصل من خلال جهاز القمرة الذي صنعه، إلى أن الرؤية تتم نتيجة انعكاس الضوء على الأجسام، ثم جاء نيوتن وطور هذه الرؤية فقال بأن الضوء هو فيض من الجسيمات الصغيرة التي تصطدم بالأجسام، لكن النقلة الأهم، كانت عن طريق هوجينز¹، حيث افترض أن الضوء عبارة عن موجات. ورغم صحة هذه الرؤية إلا أنها لم تجد القبول من علماء عصره نظراً لقوة المناصرين للرؤية التقليدية المتمثلة بوجهة نظر نيوتن، التي تقول بأن الضوء جسيمات. إلى أن جاء العالم يونج وأثبت أن للضوء طبيعة موجية بالتجربة المشروحة في فصل التداخل والحيود، ثم جاء من بعده مالوس وأثبت أن الضوء عبارة عن موجات مستعرضة بتجربة الاستقطاب. لقد كانت بداية النقلة الكبرى بوضع النظرية الكهرومغناطيسية على يد ماكسويل في العام 1864م، والذي توصل إلى أن الموجة الكهرومغناطيسية تتكون من مجالين كهربائي (E) ومغناطيسي (H) متعامدين [9] ويمثلان بالمعادلتين التفاضليتين:

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} \quad \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} \quad (20.1)$$

حيث سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ $c=1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$ ، و معامل النفاذية المغناطيسية في الفراغ $\mu_0=4\pi \times 10^{-7} N/A^2$ ، و $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12} F/m$.

20.0.0.1 سرعة الضوء



شكل 20.1: تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء

حاول العديد من العلماء حساب سرعة الضوء، وكان منهم جاليليو وفيزو وفوكو، لكن أشهرهم وأدقهم تجربة مايكلسون²، حيث وضع أجهزة التجربة على جبلي ويلسون وأنطونيو في كاليفورنيا، كما هو موضح في الرسم. فوضع المرآتين $M2$ و $M3$ على الجبل الأول والمسافة بينهما صغيرة جدا ولهذا نعتبرها تساوي صفر $L2 \approx 0$. وعلى الجبل الآخر وضع مضلع ثماني الأوجه، وذو أوجه عاكسه، ووضع بجواره مصدر ضوئي ومنظار للرصد، بحيث يقع الضوء على المضلع الثماني ثم ينعكس إلى المرآة $M1$ ومنها إلى المرآة $M2$ على الجبل الأول الذي يبعد $L1=35.5 Km$ ، ومنها إلى المرآة $M3$ ثم إلى المضلع الثماني، وأخيرا ينعكس الضوء إلى منظار الراصد. ووجد مايكلسون أن الضوء يظهر على شكل نبضات منفصلة، لكن يصبح شعاع الضوء متصل حين تصل سرعة دوران المضلع إلى 529 دورة في الثانية.

وحيث أن الزمن الدوري يساوي مقلوب التردد $t = \frac{1}{\nu}$ ، والتردد يساوي عدد الدورات على زمنها $\nu = \frac{K}{t}$ حيث K عدد أضلاع العاكس و n عدد الدورات، وبالتعويض:

$$\nu = \frac{8 \times 529}{1}$$

$$t = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{8 \times 529} = 2.36 \times 10^{-4} s$$

$$C = v = \frac{d}{t} \text{ والسرعة تساوي}$$

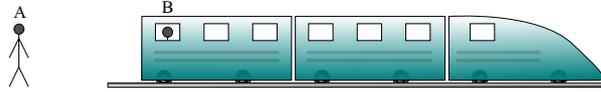
¹ كرسيتيان هوجنز ت 1695م.

² عالم فيزياء ت 1931م.

$$C = \frac{2L1}{t} = \frac{2 \times 35.5 \times 10^3}{2.36 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^8 m/s$$

وسرعة الضوء لا يمكن أن تزيد عن سرعتها في الفراغ $3 \times 10^8 m/s$ لكن يمكن أن تنقص بمقدار ضئيل عند انتقالها إلى وسط مادي مثل الزجاج ثم تستعيد سرعتها بمجرد خروجها منه.

20.0.0.2 الحركة النسبية



شكل 20.2: السرعة النسبية لرجل في القطار

لنفرض أن رجلا A يقف على رصيف القطار، وكان في القطار رجل آخر B يقف بجوار النافذة، وكانت سرعة القطار $10m/s$ فكم تكون سرعة الرجل B بالنسبة للرجل الموجود على رصيف القطار، بالتأكيد ستكون سرعته النسبية $\vec{V} = \vec{V}_A + \vec{V}_B$ ، أي أن السرعة النسبية تساوي السرعة المتجهة للرجل الأول زائد السرعة المتجهة للرجل الثاني:

$$V = 0 + 10 = 10m/s$$

لنفرض بعض الحالات:

أ- لنفرض قليلا ولنقل أن الرجل A بدأ بالسير بسرعة $2m/s$ في اتجاه معاكس لحركة القطار، فكم تكون السرعة النسبية له بالنسبة للرجل A :
ج- لنفرض أن الرجل B يتحرك داخل القطار بسرعة $2m/s$ في نفس اتجاه حركة القطار، فكم تكون الحركة النسبية له بالنسبة للرجل A :

$$V = 10 + 2 = 12m/s$$

$$V = (10 + 2) + 0 = 12m/s$$

ب- لنفرض أن الرجل A كان يسير بسرعة $2m/s$ ولكن في نفس اتجاه حركة القطار، فكم تكون السرعة النسبية للرجل B بالنسبة للرجل A :
د- لنفرض أن الرجل B يتحرك داخل القطار بسرعة $2m/s$ في عكس اتجاه حركة القطار، فكم تكون الحركة النسبية له بالنسبة للرجل A :

$$V = 10 - 2 = 8m/s$$

$$V = (10 - 2) + 0 = 8m/s$$

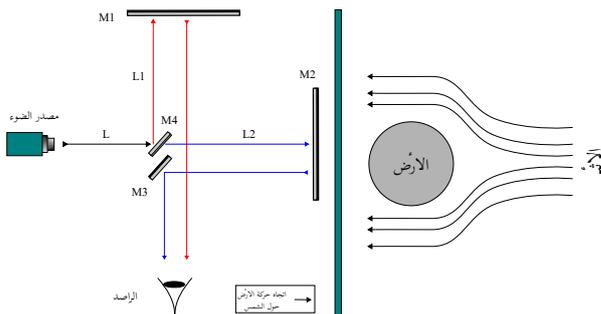
أخيرا، لتعد نفس الحالتين الأخيرتين مع جعل الرجل A ساكن:

ماذا تلاحظ؟ لا بد أنك لاحظت أن نتيجة الحالتين (أ و ج) متساوية، ونتيجة (ب و د) متساوية، أي أن السرعة النسبية للجسمين لا تتأثر ما دامت السرعة مستقيمة ومنتظمة.
مثال آخر: لنفرض أن لدينا فوتونين $\leftarrow \rightarrow$ يسيران في خط مستقيم ولكن يسيران في اتجاهين متعاكسين مبتعدين عن بعضهما، فكم سرعة الفوتون A بالنسبة للفوتون B :

$$V = 3 \times 10^8 + 3 \times 10^8 = 9 \times 10^8 m/s$$

لكن كلنا يعرف أنه لا توجد سرعة أكبر من سرعة الضوء $3 \times 10^8 m/s$! أي النتيجة السابقة خاطئة فيزيائيا؟! إننا لا نستطيع استخدام الطريقة البسيطة السابقة لحساب السرعة النسبية للأجسام التي تسير بسرعة تقترب من سرعة الضوء أو تساويها.

20.0.0.3 الأثير



شكل 20.3: الأثير- مايكلسون ومورلي

اعتقد علماء القرن التاسع عشر بوجود مادة شفافة في الفضاء ينتقل من خلالها الضوء، حيث لم يتصوروا أن الضوء يمكن أن ينتقل في الفراغ، وكان العالم هيجنز أشهر من افترض وجود الأثير. ولأن أحدا لم يثبت وجوده، سعى العالم مايكلسون ومعه مساعدة مورلي لإثبات وجوده بالتجربة الموضحة في الرسم.

إفترض مايكلسون أن الأرض أثناء دورانها حول الشمس تصطدم بمادة الأثير التي تشكل الفضاء، وبما أن الأرض تسير حول الشمس بسرعة $2.978 \times 10^4 m/s$ فإن سرعة اصطدام الأثير بالأرض سيكون بنفس السرعة ولكن بالاتجاه المعاكس. فوضع مصدر ضوئي يصدر شعاع ضوئي L باتجاه حركة الأرض ومعاكس لحركة الأثير، ويسقط على مرآة $M4$ نصف شفافة (تعكس 50% وتنفذ 50%)، الشعاع المنعكس $L1$ يصطدم بالمرآة $M1$ وينعكس باتجاه الراصد، أما الشعاع $L2$ فيصطدم بالمرآة $M2$ ثم ينعكس إلى المرآة $M3$ التي ينعكس عليها ثم يتجه للراصد.

توقع مايكلسون أن الشعاع $L2$ سيصل متأخرا عن $L1$ لأن $L2$ يسير في إتجاه معاكس للأثير، وبالتالي سيقوم الأثير بإبطاء سرعته. لكن المفاجأة كانت بوصول الشعاعين في نفس الوقت. ولشدة إيمان مايكلسون بوجود الأثير فقد افترض أن تجربته غير دقيقة وبها خطأ ما. لكن لحسن حظه أن عدد من العلماء أعادوا التجربة وتوصلوا إلى أن التجربة صحيحة، وأن مايكلسون إنما أثبت بتجربته أن الأثير غير موجود وأن سرعة الضوء لا تعتمد على حركة المصدر أو المستقبل، في حين أن هدف التجربة الأساسي هو إثبات وجود الأثير!

$$\begin{cases} X' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

20.0.0.4 معادلات لورنتز

قام لورنتز بدراسة الحركة في الأبعاد الأربعة x, y, z, t حيث t الزمن، والتغير الذي سيحصل في معادلات الحركة لجاليليو، فتوصل إلى استنتاجات مهمة، سأنخذ جزء بسيط منها يتناسب مع هدف هذا الكتاب. لقد توصل لورنتز إلى أننا نحتاج لإضافة معامل تصحيح لتعديل معادلات جاليليو:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

كما توصل لمعادلة جمع السرعات:

$$U_x = \frac{U'_x \pm v}{1 + \frac{v}{C^2} U'_x}$$

حيث U_x السرعة النسبية الناتجة، v سرعة الجسم الأول، U'_x سرعة الجسم الثاني.

شكل 20.4: معادلات التحويل لجاليليو للأبعاد الأربعة.

$$\begin{cases} X' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

شكل 20.5: معادلات التحويل لجاليليو بعد تطبيق تصحيح لورنتز.

مثال 20.0.107 السؤال

$$= \frac{0.2C + 0.4C}{1 + \frac{0.4C}{C^2} \times 0.2C}$$

$$= \frac{0.6C}{1 + 0.08} = \frac{0.6C}{1.08}$$

$$= 0.555C m/s$$

مركبة فضائية تسير بسرعة $0.4C m/s$ ، أطلقت قذيفة بسرعة $0.2C m/s$ باتجاه الأمام، كم ستكون سرعة القذيفة بالنسبة لمراقب ساكن؟

الحل

تعيين المعطيات: $U'_x = 0.2C m/s$ ، $v = 0.4C m/s$

التطبيق:

$$U_x = \frac{U'_x + v}{1 + \frac{v}{C^2} U'_x}$$

النتيجة: سرعة القذيفة بالنسبة للمراقب الساكن تساوي $0.555C$ متر/ثانية.

مثال 20.0.108 السؤال

$$= \frac{70}{1 + 1.1 \times 10^{-14}} = \frac{70}{1}$$

$$= 70 m/s$$

دبابة تسير بسرعة $20 m/s$ ، أطلقت قذيفة بسرعة $50 m/s$ باتجاه الأمام، كم ستكون سرعة القذيفة بالنسبة لمراقب ساكن؟

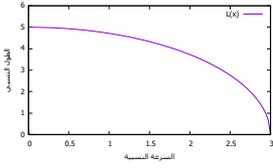
الحل

تعيين المعطيات: $U'_x = 50 m/s$ ، $v = 20 m/s$

التطبيق:

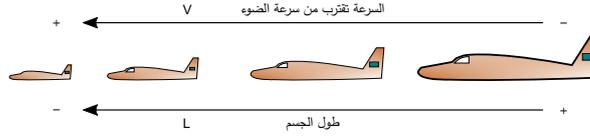
$$U_x = \frac{U'_x + v}{1 + \frac{v}{C^2} U'_x} = \frac{50 + 20}{1 + \frac{20}{C^2} \times 50}$$

النتيجة: سرعة القذيفة بالنسبة للمراقب الساكن تساوي 70 متر/ثانية. لاحظ أن تحويل لورنتز أعطى قيمة صغيرة جدا جدا 1.1×10^{-14} ولهذا تجاهلناه، ويتم تجاهله دائما عند السرعات الأصغر كثيرا من سرعة الضوء $v \ll C$.



شكل 20.6: الطول النسبي يتقلص بزيادة السرعة.

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. ويسمى بتقلص فترجيرالد - لورنتز لانهما من اكتشافاه لكن كل على حده.

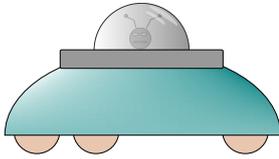


شكل 20.7: الطول في النسبية

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (20.2)$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (\text{معامل لورنتز})$$

حيث L الطول المشاهد، L_0 الطول الحقيقي، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.



شكل 20.8: البوفو هي خيالات ناتجة عن ظواهر جوية، وأحياناً مركبات وأسلحة تجريبية سرية أو طائرة تعمل على تأثير كوندرا . coanda

مثال 20.109 السؤال

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= 5 \times \sqrt{1 - \frac{(2.5 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$$

$$= 2.7639m$$

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.

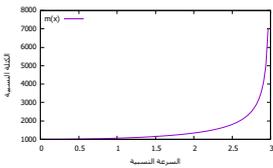
التطبيق:

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.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (20.3)$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (\text{معامل لورنتز})$$

حيث $\Delta t'$ التغير في الزمن النسبي، Δt التغير في الزمن عند السكون، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.



شكل 20.9: الكتلة النسبية تزداد بزيادة السرعة.

الكتلة في النسبية تزداد كتلة الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (20.4)$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

(معامل لورنتز)

حيث $\Delta t'$ التغير في الزمن النسبي، Δt التغير في الزمن عند السكون، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.

ومن الرسم البياني في الهامش، نلاحظ أن الكتلة تزداد بشكل فجائي عند وصولها إلى $0.9Cm/s$ تقريباً، وهو ما يجعل زيادة السرعة أكثر من ذلك صعبة ومكلفة، حيث أن الزيادة المفاجئة في الكتلة تتطلب زيادة مقابلة لها في الشغل المبذول للاحداث التسارع، وهو ما يفسر ارتفاع تكلفة تشغيل مسرعات الجسيمات.

مثال 20.0.110 السؤال

$$= \frac{1000}{\sqrt{1 - \frac{(2.5 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$$

$$= 1809.0681kg$$

النتيجة: كتلة المركبة عند هذه السرعة 1809.06 كيلوجرام.

من المثال السابق احسب كتلة المركبة عند نفس السرعة؟

الحل

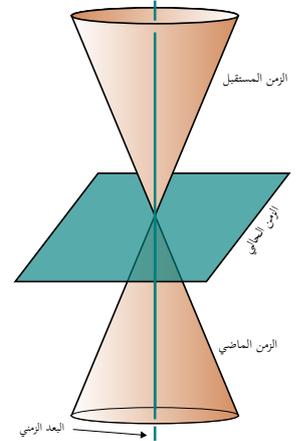
تعيين المعطيات: $V = 2.5 \times 10^8 m/s$ ، $m_0 = 1000Kg$ ، $L_0 = 5m$

التطبيق:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

الأبعاد الأربعة

كما نعلم أن النظرية النسبية تركز على نسبية الزمن، أي أن الزمن غير مطلق، ولهذا عند التمثيل البياني للظواهر النسبية نحتاج إلى أربعة أبعاد x, y, z, t ، وكلمة Dimension تترجم إلى العربية إما إلى «المحور» أو «البعد»، فنقول محور أو بعد، محورين أو بعدين، ثلاث محاور أو ثلاثة أبعاد، وأربعة أبعاد لكن يصعب أن نقول أربعة محاور، لأن المحاور هي خطوط متجهة بينها زوايا قائمة. ولهذا فإن العلماء واجهوا مشكلة تمثيل البيانات على أربعة محاور، بحذف المحور Z واستبداله بالزمن t كما في الشكل الجانبي. لكن البعض فضل الاحتفاظ بالأبعاد الثلاثة x, y, z وجعل البعد الرابع لوني، أي يشير تدرج اللون إلى التغير في قيمة البعد الرابع.



شكل 20.10: يمثل البعد الرابع بحذف البعد Z واستبداله بالبعد t .

20.0.0.5 النظرية النسبية الخاصة

وضعت النظرية النسبية على يد العالم الألماني - الأمريكي أينشتاين³ عام 1905 م، وسميت بالخاصة لأنها خاصة بالأجسام التي تسير بسرعة منتظمة (ثابتة بدون تسارع $a=0$) وقريبة من سرعة الضوء وفي خط مستقيم. وهي مبنية على فرضيتين:

(1) سرعة الضوء في الفراغ لها نفس القيمة في جميع المجموعات الاحداثية المتحركة بالنسبة لبعضها بسرعة منتظمة، ولا توجد سرعة أكبر منها.

(2) القوانين الطبيعية واحدة في جميع المجموعات الاحداثية المتحركة بسرعة منتظمة بالنسبة لبعضها. [4]

تكافؤ الكتلة والطاقة توصل العالم ليبيديف في عام 1894م إلى أن الموجات الكهرومغناطيسية تملك كمية حركة خطية في اتجاه انتشارها، وتساوي E/c ، وجاء أينشتاين من بعده وبنى على ذلك قانونه الشهير الذي يربط بين الطاقة والكتلة، الذي استنتجه من تجربة الصندوق التخيلي المشهورة. إثبات قانون أينشتاين

$$p = mv \Rightarrow p = mc \quad \text{من قانون الزخم}$$

$$v = \frac{x}{t} \Rightarrow c = \frac{x}{t} \quad \text{ومن قانون الحركة}$$

وباعتبار وحدة أصغر من x وهي dx

³فيزيائي أمريكي حاصل على جائزة نوبل عن الظاهرة الكهروضوئية ت 1955م.

$$\frac{\partial x}{\partial t} = c$$

$$\frac{\partial x}{\partial \psi} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} = c$$

وبما أن مؤثر الزخم $p = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ و مؤثر الطاقة $E = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$ نستنتج:

$$\frac{i\hbar E}{i\hbar p} = c \Rightarrow E = pc$$

$$E = (mc) \times c$$

ومنه نستنتج قانون أينشتاين

$$E = mc^2$$

$$E_0 = mc^2 \quad (20.5)$$

حيث E_0 الطاقة، m كتلة الجسم، c سرعة الضوء.

مثال 20.0.111 السؤال

بدلنا شغل مقداره $100J$ لضغط نابض، احسب الزيادة الحاصلة في كتلة النابض؟

الحل

تعيين المعطيات: $E = 100J$

التطبيق:

$$\Delta m = \frac{E}{C^2}$$

$$= \frac{100}{(3 \times 10^8)^2} = 1.11 \times 10^{-15} Kg$$

النتيجة: الزيادة في كتلة النابض أثناء انضغاطه تساوي 1.11×10^{-15} كيلو جرام، ونلاحظ أن الزيادة صغيرة جدا ولهذا يتم تجاهلها عادة.

$$E = mc^2$$

الطاقة الحركية في النسبية

الطاقة الحركية W للجسم المتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء تساوي الطاقة الكلية للجسم في حالة الحركة E مطروحاً منها الطاقة السكونية E_0 .

$$E = W + E_0$$

$$W = \frac{m_0 C^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 C^2 \quad (20.6)$$

مثال 20.0.112 السؤال

احسب الطاقة الحركية لإلكترون سرعته $0.7Cm/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} Kg$ ، $v = 0.7C = 2.1 \times 10^8 m/s$

$$= \frac{3.28 \times 10^{-14} J}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.205 MeV$$

التطبيق:

النتيجة: الطاقة الحركية للإلكترون تساوي 0.205 ميغا إلكترون فولت.

$$W = \frac{m_0 C^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 C^2$$

20.0.0.6 النظرية النسبية العامة

بعد أن وضع أينشتاين النظرية النسبية الخاصة، أخذ يفكر في امكانية تعميم نسبيته الخاصة، فتوصل في عام 1916م لنظريته النسبية العامة.

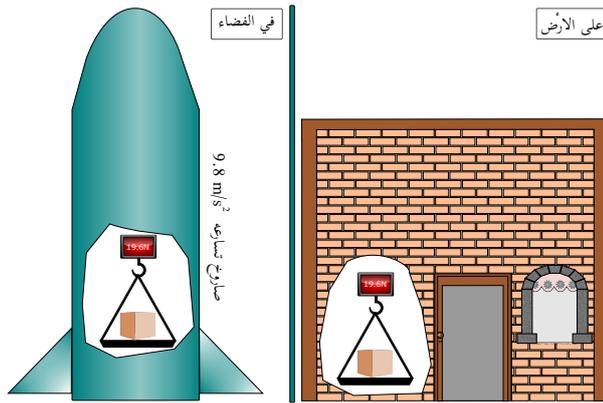
وهي مبنية على مبدئين:

(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. [4]

تحتوي النظرية النسبية العامة على الكثير من المفاهيم المعقدة فلسفيا ورياضيا ولهذا سيتم الإقتصار على بعض المفاهيم السهلة والقصيرة التي تناسب هذا الكتاب.

عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجاذبية



شكل 20.11: عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجذب

يرى أينشتاين أنه لا يمكن تمييز قوى الجاذبية من قوى القصور الذاتي، فمثلا إذا كان لدينا جسما كتلته $2Kg$ ووزناه على سطح الأرض فسيكون وزنه $19.6N$ وذلك بفعل تسارع الجاذبية الأرضية $9.8m/s^2$ ، ولو أخذنا نفس الجسم إلى الفضاء حيث لا توجد جاذبية ووزنا نفس الجسم عندما يكون الصاروخ متحركا بتسارع $9.8m/s^2$ فإننا سنجد أن وزنه $19.6N$ ولكن بتأثير قوة القصور الذاتي.

حيود الضوء بتأثير قوة الجاذبية

أثبت أينشتاين أن الضوء له طبيعة جسيمية فهو يتأثر بقوة الجاذبية وينحني مساره عند تعرضه لقوى الجاذبية الشمسية أو الأرضية أو النجوم، ووضع قانونا لحساب زاوية الحيود أو الانحراف.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2GM_s}{R_s C^2}\right) \quad (20.7)$$

حيث G ثابت الجذب، M_s كتلة الشمس، R_s نصف قطر الشمس، C سرعة الضوء

مثال 20.0.113 السؤال

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{2 \times 6.674 \times 10^{-11} \times 1.989 \times 10^{30}}{6.96 \times 10^8 \times (3 \times 10^8)^2}$$

احسب زاوية حيود الضوء نتيجة مروره بجوار الشمس ؟

الحل

$$= 4.2383 \times 10^{-6} \text{ Deg} \times 360 = 0.0015$$

تعيين المعطيات: $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Kg} \cdot \text{s}^2$ ،
 $R_s = 6.95 \times 10^8 \text{ m}$ ، $M_s = 1.989 \times 10^{30} \text{ Kg}$

النتيجة: زاوية انحراف الضوء تساوي تقريبا 1.5 ثانية قوسية.

التطبيق:

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{2GM_s}{R_s C^2}$$

وقد تم إثباتها عمليا بحساب انحراف الضوء حول الشمس أثناء كسوف الشمس عام 1919م.

الثقوب السوداء

توقع أينشتاين وجود الثقوب السوداء، ثم ثبت وجودها لاحقا، والثقوب السوداء هي نجوم استنفدت الطاقة النووية بها، فبردت، ولأنها مكونة من الهيليوم فقد انكمشت بسهولة تحت تأثير جاذبية مركزها، وباستمرار الجذب تنسحق الذرات وتتفكك إلى بروتونات ونيوترونات والكثرونات، ثم تندمج البروتونات مع الإلكترونات وتتحول جميعها إلى نيوترونات، ويسمى النجم النيوتروني. ويعتبر النجم قد تحول إلى ثقب أسود إذا أصبح نصف قطره مساوي للنصف قطر الحرج وبحسب بقانون نصف قطر شوارزشايلد:

$$\text{gravitational radius} = \frac{2GM}{C^2} \quad (20.8)$$

مثال 20.0.114 السؤال

$$= \frac{2 \times 6.674 \times 10^{-11} \times 1.989 \times 10^{30}}{(3 \times 10^8)^2}$$

احسب نصف قطر شوارزشايلد للشمس ؟

الحل

$$= 2949.9 \text{ m}$$

تعيين المعطيات: $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Kg} \cdot \text{s}^2$ ،
 $M = 1.989 \times 10^{30} \text{ Kg}$

النتيجة: نصف القطر الحرج للشمس لكي تصبح ثقب أسود يساوي 2949.9 متر.

التطبيق:

$$\text{gravitational radius} = \frac{2GM}{C^2}$$

الانزياح اللوني للضوء

يرى أينشتاين في النظرية النسبية العامة أن الضوء يميل للانزياح نحو اللون الأحمر، أي أن تردده ينقص وطوله الموجي يزداد كلما كانت كتلة النجم أو الثقب الأسود أكبر، وذلك وفق المعادلة التالية.

$$\nu' = \nu \left(1 - \frac{GM}{RC^2} \right) \quad (20.9)$$

حيث ν التردد الأصلي، G ثابت الجذب، M كتلة النجم، R نصف قطره

مثال 20.0.115 السؤال

$$\nu' = \nu \left(1 - \frac{GM}{RC^2}\right)$$

$$= 7.058 \times 10^{14} \times \left(1 - \frac{6.674 \times 10^{-11} \times 1.989 \times 10^{30}}{6.963 \times 10^8 \times (3 \times 10^8)^2}\right)$$

$$= 7.057 \times 10^{14}$$

احسب تردد الضوء الناتج عن الإنزياح اللوني لشعاع أزرق يخرج من الشمس؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674 \times 10^{-11} m^3/Kg.s^2$ ، $\nu=$ ، $R=6.963 \times 10^8 m$ ، $M=1.989 \times 10^{30} Kg$ $7.058 \times 10^{14} Hz$

النتيجة: تردد الضوء بعد الإنزياح اللوني بتأثير الشمس يساوي $7.057 \times 10^{14} Hz$.

التطبيق:

تمدد الزمن بتأثير قوة الجاذبية

مر علينا سابقاً أن الزمن يتمدد أو يتباطأ بتأثير السرعات القريبة من سرعة الضوء، وقد وجد أينشتاين في نظريته النسبية العامة أن الزمن يتباطأ أيضاً بتأثير قوة الجاذبية، فالزمن على سطح المشتري أبطأ منه على سطح الأرض، والزمن على الشمس أبطأ منه على المشتري، والزمن شبه متوقف في الثقوب السوداء ذات الكتل العملاقة. وقد قام أينشتاين بحساب تباطؤ الزمن على الشمس ، فوجد أن السنة على سطح الشمس أطول من السنة الأرضية بدقة كاملة، وقد لا يكون هذا الفرق مؤثراً للإنسان العادي، لكن حين نحسب الفرق في الزمن بين السنة الأرضية والسنة على سطح نجم عملاق، فإننا سنفاجأ بأن الفرق يساوي شهور وسنوات.

$$t' = t \left(1 - \frac{GM}{RC^2}\right) \quad (20.10)$$

حيث t الزمن، G ثابت الجذب، M كتلة النجم، R نصف قطره

مثال 20.0.116 السؤال

$$t' = t \left(1 - \frac{GM}{RC^2}\right)$$

$$= 31557600 \times \left(1 - \frac{6.674 \times 10^{-11} \times 1.989 \times 10^{30}}{6.963 \times 10^8 \times (3 \times 10^8)^2}\right)$$

$$= 31557533.15s$$

احسب تمدد سنة واحدة على سطح الشمس بتأثير قوة جاذبيتها؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674 \times 10^{-11} m^3/Kg.s^2$ ، $t=$ ، $R=6.963 \times 10^8 m$ ، $M=1.989 \times 10^{30} Kg$ $1y=31557600s$

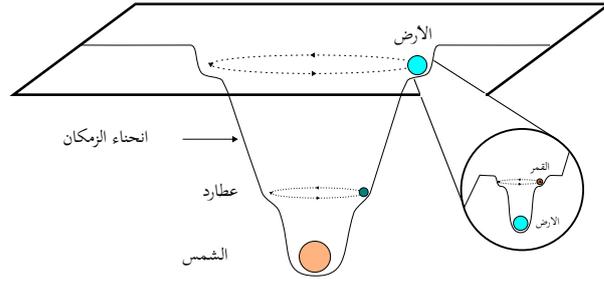
النتيجة: السنة بعد تمددها تصبح $31557533.15s$ أي زادت بمقدار $66.8s$ ويساوي دقيقة أرضية تقريباً.

التطبيق:

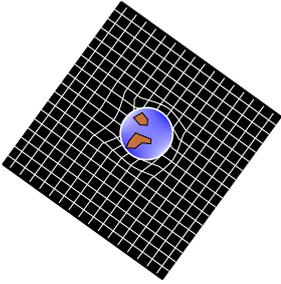
تصور اينشتاين للكون

لتبسيط تصور اينشتاين للكون لتتخيل فقاعة صابون أو بالون، ولترسم نقطتين متجاورتين على سطح البالون، ثم نبدأ بالنفخ، سنلاحظ أنه كلما تمدد البالون أكثر زادت المسافات بين أي نقاط مرسومة على سطحه، اينشتاين يرى أن الكون شكل كروي مجوف وكل المجرات متوزعة على سطحه الخارجي، لكن هذا الكون لا يحتوي على أي شيء داخله أو خارجه، وكل شيء متوضع على غلافه. في البداية كان اينشتاين يرى أن حجم الكون ثابت، لكن بعد أن جاء الفلكي هابل وأثبت أن الكون يتوسع ويتمدد اضطرت اينشتاين لتعديل تصوره، فقام بإضافة ثابت تمدد الكون، أي أن الكون يتمدد بمعدل معين حدده اينشتاين، لكن بعد وفاة اينشتاين وجد العلماء أن هذا الثابت غير دقيق.

انحناء الكون



شكل 20.12: انحناء الزمكان بتأثير كتلة الشمس

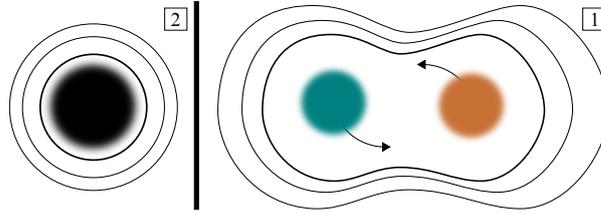


شكل 20.13: انحناء الزمكان

ويرى أينشتاين في نظريته النسبية العامة أن حركة الكواكب في مدارات دائرية مثل كواكب المجموعة الشمسية ناتجة عن انحناء الزمكان، فالأرض مثلاً تتحرك في مدار حول الشمس لأنها واقعة في حفرة الزمكان التي سببتها كتلة الشمس الكبيرة، وليس بسبب جاذبية الشمس، والقمر يدور حول الأرض لأنه واقع في حفرة الزمكان التي تسببها كتلة الأرض.

موجات الجاذبية

حين يقترب نجم كبير من نجم آخر فإنهما يبدأان بالإقتراب الدوراني من بعضهما، ويستمران بالدوران حول بعضهما والاقتراب إلى أن يندمجا معاً، وتوقع أينشتاين صدور موجات سماها موجات الجاذبية تنتج عن دورانها العنيف حول بعضهما قبل الاندماج، ولم يتم رصد الموجات إلا في عام 2015 م، وحصل الفريق الذي رصدها على جائزة نوبل.



شكل 20.14: موجات الجاذبية

20.1 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 للالكترون، حيث كتلة الالكترون $m_0=9.1 \times 10^{-31}kg$ ؟

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؟

(أ) kg ✓ (ب) N/m
(ج) m (د) N

4- سرعة الضوء في الفراغ، بمرور الوقت؟

(أ) تزيد (ب) تبقى ثابتة ✓ (ج) تنقص

(د) احيانا تقل وحيانا تزيد

5- عند السرعات الأصغر كثيرا من سرعة الضوء $v \ll c$ نتجاهل قيمة تحويل لورنتز لصغره الشديد؟

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

7- سرعة الضوء لا تتأثر بكون المراقب ساكن أم متحرك؟

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

8- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى تمدد الزمن؟

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

9- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة الكتلة؟

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

10- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة الطول؟

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

11- وفق تصور أينشتاين للكون، ما الذي يوجد في وسط الكون؟

(أ) نجوم (ب) كواكب

(ب) لا شيء ✓ (د) مجرات

12- وفق النسبية العامة، الزمن على سطح المشتري أبطأ من الزمن على سطح الأرض؟

(أ) صح ✓ (ب) خطأ

13- احسب نصف قطر شوارزشايلد للأرض؟

الحل

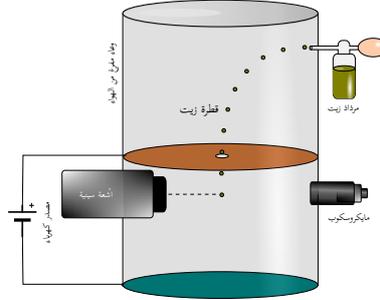
تعيين المعطيات: $G=6.674 \times 10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=5.972 \times 10^{24}Kg$
التطبيق:

$$gravitational\ radius = \frac{2GM}{c^2}$$

$$= \frac{2 \times 6.674 \times 10^{-11} \times 5.972 \times 10^{24}}{(3 \times 10^8)^2}$$

$$=0.0088m=8.8mm$$

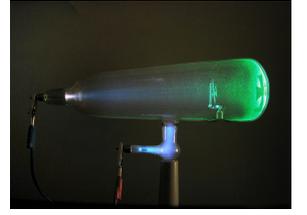
الفيزياء الذرية



- الكتلة الذرية
- نصف العمر النشط
- قانون الطاقة لاينشتاين

21.1 الالكترتون

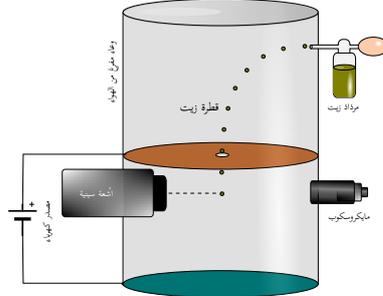
الالكترتون e^- أو β^- هو جسيم تحت ذري ذو شحنة سالبة .



شكل 21.1: أنبوب كروكس [1]

شحنة الالكترتون

تم اكتشاف الالكترتون عبر سلسلة من الاكتشافات المتتالية، فقد أجرى كروكس تجربة انبوب الكاثود المفرغ، وتعرف على أثر الالكترتون عند اصطدامه بالانبوب، لكنه لم يعرف أن هذا الضوء ناتج عن جسيم.

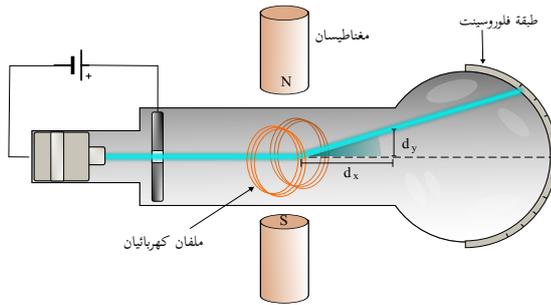


شكل 21.2: تجربة قطرة الزيت لمليكان

واستمر بحث العلماء عن ماهية هذا الضوء، إلى أن اكتشف مليكان مقدار شحنة الالكترتون باستخدام التجربة الموضحة في الرسم، حيث قام باطلاق رذاذ الزيت في داخل وعاء مفرغ من الهواء، ووضع في وسط الوعاء حاجز موجب وبه ثقب صغير يسمح بنفاذ قطرة الزيت وهي تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية $F=mg$ ، وبمجرد نفاذ قطرة الزيت من الثقب تتعرض للأشعة السينية $x-ray$ والتي تشحنها بشحنة سالبة، عندها تصبح القطرة تحت تأثير قوة المجال الكهربائي الموجب $F=Eq$ ، وبالمساواة $.Eq=mg \Rightarrow q = \frac{mg}{E} = -1.6 \times 10^{-19} C$

كتلة الالكترتون

اكتشف فريق من العلماء برئاسة تومسون كتلة الالكترتون باستخدام تجربة عرفت باسم تجربة تومسون.



شكل 21.3: تجربة تومسون

بالمساواة بين العلاقتين $F=Eq$ و $F_B=Bqv$ ، استنتج أن $Eq=Bvq$ ومنه $v = \frac{E}{B}$ ، وبالتعويض بها في معادلة المسافة $d_x = vt = \frac{Et}{B}$ ، ومنها الزمن يساوي $t = \frac{d_x B}{E}$.

وبالتعويض من $F=Eq$ في قانون نيوتن الثاني $a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m}$ ، ومنه في معادلة الحركة الخطية:

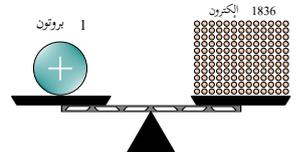
$$d_y = vt + \frac{1}{2}at^2 = 0 + \frac{1}{2} \times \frac{Eq}{m} \times t^2$$

تساوي $1.7588196 \times 10^{11} C/Kg$ ، وبالتعويض فيه حصل على نسبة شحنة الالكترتون إلى كتلته، فوجد أنها $q = \frac{2d_y E^2}{d_x^2 B^2} = \frac{2Ed_y}{d_x^2 B^2} \ll d_y = \frac{Eq}{2m} \times (\frac{d_x B}{E})^2$.

وبالتعويض عن شحنة الالكترتون التي حسبها مليكان نحصل على كتلة الالكترتون $m = \frac{-1.6 \times 10^{-19}}{1.758 \times 10^{11}} = 9.1 \times 10^{-31} Kg$

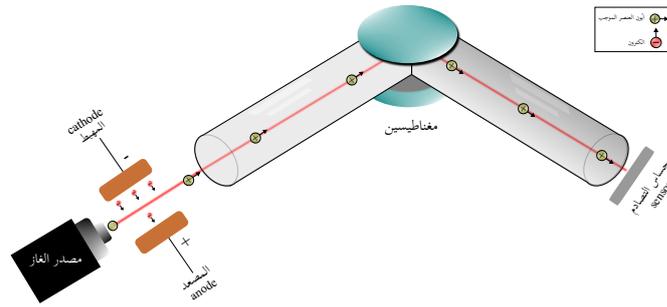
وقد استخدم تومسون نفس الطريقة لايجاد كتلة البروتون مع تغيير الأقطاب، بحيث جعل المصعد مكان المهبط والمهبط مكان المصعد، مع اضافة غاز الهيدروجين.

ثم قام بحساب كتل مجموعة من أنوية الغازات، وقد تم تطوير جهاز تومسون وتسميته باسم مطياف الكتلة *spectrometry* وهو يختلف عن المطياف *spectroscopy* الذي سيمر علينا في الموضوع القادم.



شكل 21.4: نسبة كتلة الإلكترون إلى كتلة البروتون.

مطياف الكتلة



شكل 21.5: مطياف الكتلة

فكرة عمل الجهاز يتم ضخ الغاز المطلوب إلى قناة يتقاطع معها مسار الكتلونات القادمة من كاثود، وعند اصطدام الالكترولونات بذرات الغاز العابرة تتأين، وتصبح موجبه، أما الكترولونات فتذهب للأنود، وتتمر ايونات الغاز من خلال فتحة ضيقة تجبرها على السير في خط مستقيم رفيع، وبعد أن تصل الايونات إلى المغناطيس يحدث لها إنحراف حسب كتلتها، فكلما كانت كتلة الايون عالية كان انحرافه أقل، وكلما كانت كتلته صغيرة كان انحرافه أكبر، وعند وصول الايون للحساس يتعرف على درجة انحرافه وكثافة نظائره.

قانون حساب نسبة الشحنة إلى الكتلة $\frac{q}{m}$ في مطياف الكتلة

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2} \quad (21.1)$$

حيث V فرق الجهد، B شدة المجال المغناطيسي، r نصف قطر انحراف الجسيم.

مثال 21.1.117 السؤال

$$\frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}} = \frac{2 \times V}{(2.8 \times 10^{-2})^2 \times (4.1 \times 10^{-2})^2}$$

$$= 126.26V$$

احسب فرق الجهد في مطياف الكتلة حسب المعطيات التالية

الحل

تعيين المعطيات: $q = 1.6 \times 10^{-19} C$ ، $m_p = 1.67 \times 10^{-27} kg$
 $r = 2.8 \times 10^{-2} m$ ، $B = 4.1 \times 10^{-2} T$ ، $10^{-19} C$

التطبيق:

النتيجة: فرق الجهد الكهربائي المستخدم 126.26 فولت.

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2}$$

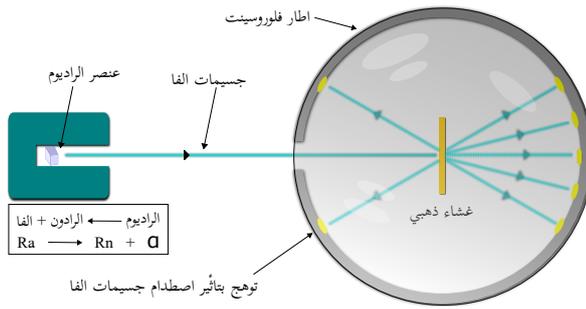
21.2 الذرة

الذرة هي وحدة تركيب العناصر والمركبات، لكنها ليست أصغر جسيم مادي، فهناك الالكترولون الحر والبوزترون ومضاد المادة والكثير من أنواع الجسيمات الأخرى.

تتكون الذرة من نواة والكترونات، والنواة تتكون من نيوترونات وبروتونات، وأول من اكتشف النواة وأثبت وجودها هو الفيزيائي

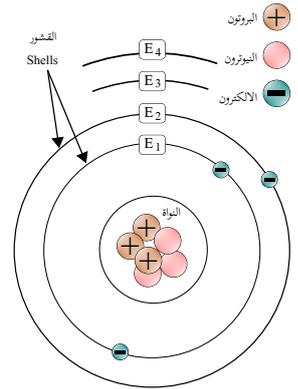
رذرفورد بتجربته المشهورة.

21.2.1 اكتشاف النواة



شكل 21.6: تجربة رذرفورد

قام رذرفورد بصنع طوق مطلي من داخله بمادة فلوروسنتية، وجعل في الطوق فتحة جانبية، وفي وسط الطوق شريحة رقيقة من الذهب (لأنه عالي الكثافة)، ووضع مقابل الفتحة قطعة من الراديوم المشع، فلاحظ أن هناك عدد كبير من نقاط التوهج تظهر على الطبقة الفلوروسنتية (كبريتات الزنك)، وغالبيتها تظهر في الجزء أمام شريحة الذهب، والقليل جدا يظهر خلفها، فاستنتج أن غالبية حجم الذرة فراغ لأن جسيمات الفا الصادرة عن المادة المشعة استطاعت النفاذ من خلال شريحة الذهب رغم أنها عالية الكثافة، وأن نقاط التوهج التي ظهرت على الطبقة الفلوروسنتية خلف شريحة الذهب كانت بسبب اصطدامها بأنوية الذهب. وكان لتجربته هذه أثر بالغ في إعطاء تصور واضح لشكل الذرات وبنيتها الداخلية.

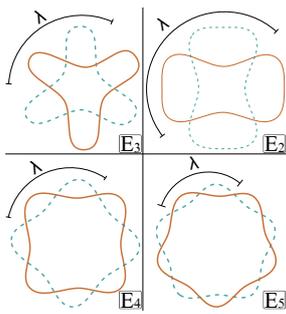


شكل 21.7: نموذج ذرة بور

21.2.2 نموذج ذرة بور

وضع بور تصورا للذرة الهيدروجين مبني على عدد من النقاط:

- أن الذرة تحتوي على نواة مركزية موجبة الشحنة.
- أن الالكترونات السالبة توجد في أغلفة قشرية كروية تحيط بالنواة، ولكل قشرة مستوى طاقة خاص بها، ولا يتسَّح الالكترونون طالما لم ينتقل من قشرته (مداره).
- أننا نستطيع تطبيق قوانين الميكانيكا لنيوتن والقوى الكهربائية ل كولوم، على مجال الذرة.
- أن حساب نصف قطر المدار ممكن باعتبار الطول الموجي للموجة (الموقوفة) المصاحبة $n\lambda=2\pi r$ ، حيث $n=1,2,3,\dots$ ، وهو فرضية دي برولي.



- أن الذرة متعادلة الشحنة، أي شحنة النواة الموجبة تساوي شحنة الالكترونات السالبة.

ثم أضيف لها بعض الافتراضات:

- أن الإلكترون إذا انتقل من مستوى أعلى E_2 إلى مستوى أقل E_1 فإنه يفقد جزء من طاقته على شكل فوتون (اشعاع)، طاقته تساوي الفرق بين طاقة المستويين $E=E_2-E_1=h\nu$.

انبعاث الضوء في ذرة بور

عند إثارة الكترون الهيدروجين يصعد من المستوى $n=1$ إلى أحد المستويات الأعلى، حسب طاقة الإثارة التي اكتسبها، ويستقر به لمدة 10^{-8} s، ثم ينزل إلى أحد المستويات الأدنى. إن مستويات الطاقة المحيطة بالنواة غير متساوية في الطاقة، ولهذا تختلف طاقة الفوتون المنبعث باختلاف المستوى الذي نزل منه، والمستوى الذي نزل إليه الالكترون، حيث طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

كيف نحسب طاقة المستوى ؟

يمكن حساب طاقة المدار أو المستوى بالقانون:

$$E_n = -\frac{hcR_\infty Z^2}{n^2} \quad (21.2)$$

حيث h ثابت بلانك، c سرعة الضوء، R_∞ ثابت راينبرج، Z العدد الذري، n عدد الكم الرئيسي، k ثابت كولوم، m كتلة الالكترون،

q شحنة الكاتيون.

مثال 21.2.118 السؤال

$$= \frac{-6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times 1.097 \times 10^7 \times 1^2}{1^2}$$

$$= -2.18 \times 10^{-18} \text{ J} = \frac{-2.18 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= -13.6 \text{ eV}$$

النتيجة: طاقة المستوى الأول في ذرة الهيدروجين تساوي
-13.6 إلكترون فولت.

احسب طاقة المستوى الأول $n=1$ في ذرة
الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.626 \times 10^{-34}$ ، $n=1$ ، $k=9 \times 10^9$
 $R_\infty=1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ ، 10^{-34}

$$E_n = -\frac{hcR_\infty Z^2}{n^2}$$

التطبيق:

ولذرة الهيدروجين

$$E_n = \frac{-E_1}{n^2} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \quad (21.3)$$

حيث n عدد الكم الرئيسي، -13.6 eV تسمى طاقة رايدنبرج.

مثال 21.2.119 السؤال

$$= \frac{-13.6}{1^2}$$

$$= -13.6 \text{ eV}$$

النتيجة: طاقة الكاتيون ذرة الهيدروجين تساوي 13.6
الكاتيون فولت.

احسب طاقة الكاتيون ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=1$ ، $E_1=13.6 \text{ eV}$

التطبيق:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

حساب نصف قطر المدار بالقانون

$$r_n = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 k m q^2} \quad (21.4)$$

حيث r نصف قطر المدار، h ثابت بلانك، m الكتلة، q الشحنة، n عدد الكم الرئيسي، k ثابت كولوم

مثال 21.2.120 السؤال

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 1^1}{4 \times \pi^2 \times 9 \times 10^9 \times 9.11 \times 10^{31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2}$$

$$= 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

النتيجة: نصف قطر المدار الأول في ذرة الهيدروجين
يساوي 5.3×10^{-11} متر.

احسب نصف قطر المدار الأول $n=1$ في ذرة
الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.626 \times 10^{-34}$ ، $n=1$ ، $k=9 \times 10^9$
 $q=1.6 \times 10^{-19}$ ، $m=9.11 \times 10^{-31}$ ، 10^{-34}

التطبيق:

$$r_n = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 k m q^2}$$

ويجب ملاحظة ان فرق الطاقة بين مستويات الكاتيونات يجب أن يكون موجب عند الانتقال من مستوى إلى مستوى أعلى،
وسالب عند الانتقال إلى مستوى أدنى، كما يجب أن تكون القيم مكماة.

مثال 21.2.121 السؤال

$$=12.08eV$$

$$E=h\nu$$

$$\nu = \frac{12.08 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.626 \times 10^{-34}}$$

$$=2.916 \times 10^{15} Hz$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\nu = \frac{3 \times 10^8}{2.916 \times 10^{15}}$$

$$=1.028 \times 10^{-7} m$$

النتيجة: الطاقة اللازمة لانتقال الإلكترون $12.08eV$
والتردد 2.916×10^{15} هيرتز، والطول الموجي $1.028 \times 10^{-7} m$

احسب الطاقة اللازمة لانتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى 1 إلى المستوى 3؟ ثم احسب التردد والطول الموجي للفوتون الذي سبب هذا الانتقال؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=1$ ، $E_1=13.6eV$

التطبيق:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

$$E_1 = \frac{-13.6}{1^2}$$

$$= -13.6eV$$

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2}$$

$$= -1.51eV$$

$$\Delta E = E_3 - E_1 = -1.51 - (-13.6)$$

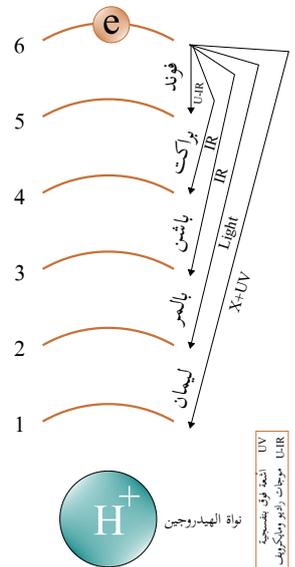
الطاقة	n
-13.6eV	1
-3.39eV	2
-1.51eV	3
-0.85eV	4

جدول 21.1: طاقة مستويات الهيدروجين

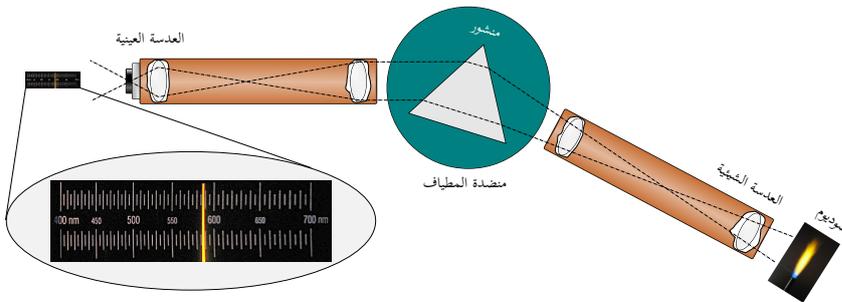
وحيث أن طاقة الفوتون الصادر $E=h\nu$ ، فإن التغير في طاقة الفوتون يسبب بالضرورة تغير في تردده ν وطوله الموجي λ ، ولهذا وجد العلماء أن هناك 5 مجموعات من الأطياف (الفوتونات) تصدر من ذرة الهيدروجين المثارة:

- مجموعة ليمان: أطياف تصدر نتيجة انتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=1$ ، وهي أشعة فوق بنفسجية أو أعلى في تردد، $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2})$
- مجموعة بالمر: أطياف تصدر نتيجة انتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=2$ ، وهي أشعة طيف مرئي، $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$
- مجموعة باشن: أطياف تصدر نتيجة انتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=3$ ، وهي أشعة تحت حمراء، $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2})$
- مجموعة براكت: أطياف تصدر نتيجة انتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=4$ ، وهي أشعة تحت حمراء، $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2})$
- مجموعة فوندر: أطياف تصدر نتيجة انتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=5$ ، وهي موجات أقل في التردد من الأشعة تحت الحمراء، $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2})$

حيث $R=1.097 \times 10^7 m^{-1}$ ثابت رايدنبرج، و n عدد الكم الرئيسي الذي ينزل منه الإلكترون.



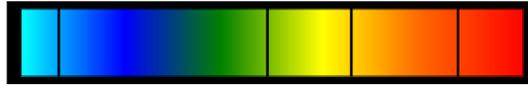
شكل 21.8: أطياف ذرة الهيدروجين الصادرة عند نزول إلكترون من المستوى السادس إلى أي مستوى أدنى.



شكل 21.9: المطياف وطيف الصوديوم

ولمشاهدة الأطياف نستخدم جهاز المطياف، حيث يعمل على تحليل الضوء إلى أطياف ضوئية، نستطيع من خلالها تعيين نوع العنصر، فلكل عنصر طيف ضوئي خاص به، ويشبه البصمة لدى الانسان.

خطوط فراونهوفر



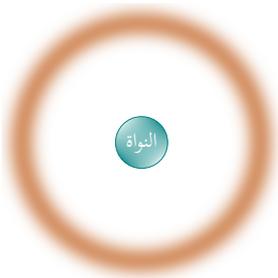
شكل 21.10: خطوط فراونهوفر - الخطوط السوداء

هي خطوط امتصاص رنيني تظهر في طيف الشمس.¹ حين نضع المنشور أمام ضوء الشمس، نشاهد ألوان الطيف المعروفة، تبدأ بالأحمر وتنتهي بالبنفسجي. لكن إذا نظرنا إليها باستخدام عدسة جهاز المطياف، فإننا نلاحظ وجود خطوط سوداء مظلمة في أماكن متفرقة من الطيف، وأول من اكتشفها العالم فراونهوفر، فقام بتقييمها إلا أنه لم يفسر سبب وجودها، إلى أن جاء العالمان كيرشوف وبنسن²، واكتشفا أن أماكن هذه الخطوط المظلمة، تتطابق مع أماكن أطراف بعض العناصر، فاستنتجوا أن هذه العناصر موجودة في الغلاف الغازي للشمس، وهي التي قامت بامتصاص الضوء في هذه المناطق من الطيف بما يعرف بظاهرة الامتصاص الرنيني. وقد استفاد العلماء من هذه الظاهرة في معرفة العناصر الموجودة في الشمس (70 عنصر [8]) والنجوم رغم عدم ذهابهم إليها أو أخذهم لعينات منها، كما يستفاد منها في التحليل الطيفي للمواد في الصناعات المعدنية.

السحابة الالكترونية

السحابة الالكترونية هي المنطقة الأكثر احتمالية لوجود الإلكترون فيها.

افترض بور أن الالكترونات تسير في مدارات ثابتة سميت بالمستويات، وحدد لكل منها نصف قطر ثابت يمكن حسابه رياضياً، لكن هذه التصور يتعارض مع مبدأ هايزنبرج الذي يقول بأنه من المستحيل تحديد موقع وزخم الإلكترون في اللحظة نفسها، ولهذا استعان العلماء بتصوير دي برولي للطبيعة الموجية للإلكترون، وافترضوا أن الإلكترون يسير في مجال حركة الموجة المصاحبة للإلكترون دون أن نستطيع تحديد موقعه بالضبط عند لحظة معينة، وسميت هذه المنطقة بالسحابة الالكترونية، وإذا وضعنا السحابة الالكترونية للمستوى الأول والثاني والثالث ... فإننا نحصل على النموذج الكمي للذرة، لكن الموقع الأكثر احتمالية لوجود الإلكترون فيه هو نصف قطر المستوى الرئيسي الذي يوجد به.

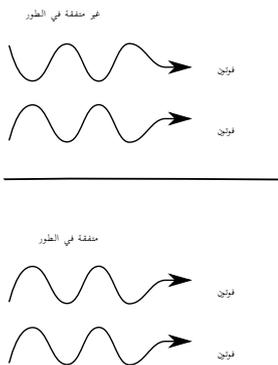


شكل 21.11: السحابة الالكترونية

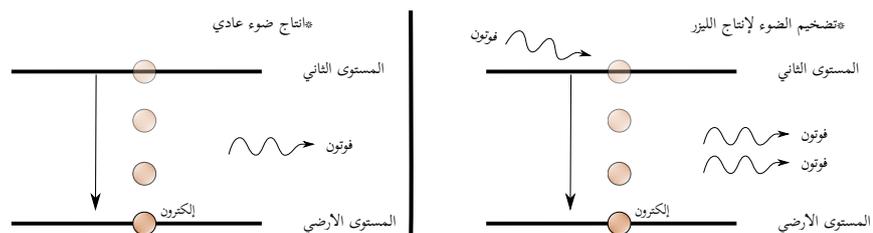
21.3 الليزر وتطبيقاته

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. كيف ينتج الليزر؟ قام اينشتاين في عام 1917 بالإشارة إلى ظاهرة الانبعاث المستحث، وتعني بشكل مبسط، أن الإلكترون حين يكتسب طاقة ينتقل من مستواه الأرضي إلى المستوى الأعلى منه، ويبقى فيه لمدة 10^{-8} s، ثم ينزل إلى مستوى أقل من المستوى الذي وصل إليه، مع فقدته فرق الطاقة بين المستويين $E_2 - E_1$ على شكل فوتون واحد، وتسمى العملية إلى هذه المرحلة بالانبعاث التلقائي، لكن إذا اصطدم فوتون خارجي بالإلكترون أثناء وجوده في المستوى العلوي، فإنه يطلق عند نزوله فوتونين وليس واحد، ويتميز هذان الفوتونان بأنهما متساويان في التردد والطول الموجي ومتفقان في الطور، ولهما نفس الاتجاه، ويسمى في هذه الحالة بالانبعاث المستحث، المنتج لفوتون الليزر، لكن إذا أردنا إنتاج أشعة الليزر فإننا نحتاج إلى جعل عدد الإلكترونات المرفوعة إلى المستويات العليا أكبر من عدد الإلكترونات في المستويات الدنيا ويسمى هذا الوضع بالإسكان المعكوس.



شكل 21.12: فرق الطور



شكل 21.13: الانبعاث المستحث

¹فراونهوفر عالم بصريات ألماني ت 1826م.

²بنسن عالم ألماني ت 1899م.

تم انتاج الليزر لأول مرة في عام 1960م باستخدام موجات المايكرويف، ولهذا سمي ميزر Maser ، ثم تم تطويره واستخدام الضوء المرئي فسمي ليزر Laser ، واخيرا استخدمت اشعة جاما فسمي قيزر Gaser ، واستخدمت أيضا الاشعة تحت الحمراء وسُمي ليزر الاشعة تحت الحمراء. مم يتكون جهاز الليزر ؟

مكونات جهاز الليزر

جهاز الليزر يتكون من ثلاثة اجزاء رئيسية هي:

1 (التجويف الرنيني ويتكون من مرآتين إحداهما عاكسيتها أقل من 100% ، حيث تسمح بنفاذ جزء من الليزر وتعكس الباقي إلى المرآة المقابلة، وتكون بشكلين:



تجويف رنيني خارجي: ويكون بتثبيت مرآتين مستقلتين على جانبي الوسط الفعال، مع مراعاة أن تسمح إحداهما بنفاذ جزء من الليزر الساقط عليها، وتعكس الباقي للمرآة الأخرى.



تجويف رنيني داخلي: ويكون بطلاء جانبي الوسط الفعال بمادة عاكسة، فيصبحان مرآتين، مع مراعاة أن تسمح إحداهما بنفاذ جزء من الليزر الساقط عليها، وتعكس الباقي للمرآة الأخرى.

2 (مصدر الطاقة، وتوجد عدة مصادر طاقة لتوليد الليزر:

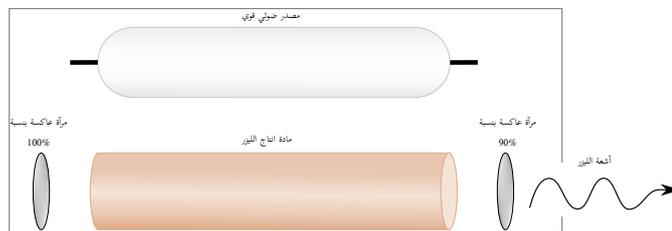
(ب) الطاقة الضوئية، وتكون باستخدام مصباح قوي، أو شعاع ليزر خارجي.
(ج) الطاقة الكيميائية.
(د) الطاقة الحرارية.

(ا) الطاقة الكهربائية، وتستخدم إما بطريقة مباشرة في أنبوب مفرغ من الهواء وتحت جهد عال، أو عن طريق توليد موجات ترددية راديوية تؤثر على الوسط الفعال.

3 (مادة منتجة لليزر (الوسط الفعال):

(ج) ليزر الغازات مثل الارجون والكلور.
(د) ليزر أشباه الموصلات.

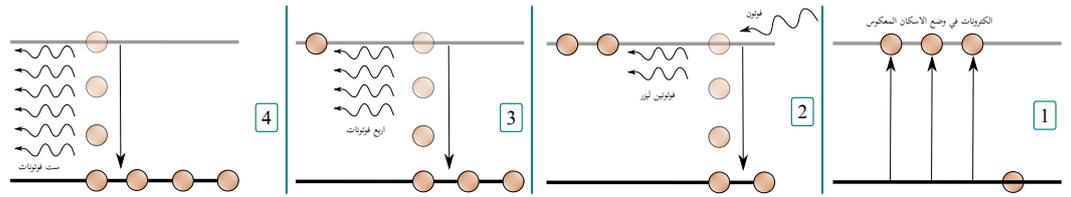
(ا) ليزر الجوامد مثل الياقوت.
(ب) ليزر السوائل مثل الاسكولين.



شكل 21.14: انتاج الليزر

طريقة عمل جهاز 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 التي عاكسيتها 99.9% ، ويسمى الضوء الخارج بالليزر، بينما تستمر الفوتونات الباقية بالانعكاس والتضاعف.



شكل 21.15: الاسكان المعكوس في الليزر

إن كفاءة أجهزة الليزر لازالت منخفضة، حيث يفقد جزء كبير من الطاقة على شكل حرارة، فطلقة واحدة (نبضة) مثلا من مدفع ليزر لتدمير طائرة بدون طيار سعرها لا يتجاوز الآف الدولارات، تتكلف مليون دولار.

خصائص أشعة الليزر

خصائص أشعة الليزر

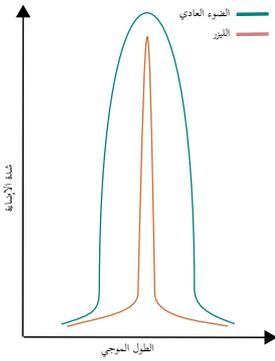
أن تتقاطع امتدادات مساراتها، لكن ليس للمسافات الكبيرة جدا، فحين قام العلماء الأمريكيون بإرسال شعاع ليزر من القمر إلى الأرض، وجدوا أنه انتشر على دائرة قطرها $15Km$.

(1) أنها أحادية الطول الموجي، أي أن جميع فوتوناتها لها نفس الطول الموجي والتردد.

(2) أنها مترابطة، أي تنطلق في نفس الوقت، وتحافظ على فرق الطور بينها.

(3) أنها متوازية، أي أن فوتوناتها تسير في اتجاه واحد دون

(4) أن لها استضاءة ثابتة، نتيجة بقاء فوتوناتها متوازية.



شكل 21.16: أحادية اللون في الليزر



شكل 21.17: الباركود

أمثلة على استخدامات الليزر

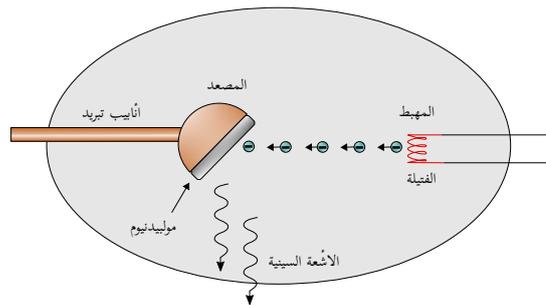
العمليات الجراحية، قارئ الأقراص، الألياف البصرية لنقل البيانات والاتصالات والتلفزيون الكبلي، لحام وقص المعادن، عرض ثلاثي الأبعاد (الهولوجرام)، بعض الطابعات المجسمة (ثلاثية الأبعاد)، قارئ أسعار الباركود.

21.4 الأشعة السينية

الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية طولها الموجي في المدى $0.01-10nm$. وسميت بأشعة x لأن ماهيتها كانت مجهولة³، وتتميز بـ:

- طاقتها عالية، وطولها الموجي قصير.
- تؤين الغازات.
- لها قدرة كبيرة على اختراق الأجسام.
- تحيد في البلورات.

إنتاج الأشعة السينية



شكل 21.18: جهاز الأشعة السينية

³ اكتشفها الألماني رونجن ت 1923م.

يتكون جهاز إنتاج الأشعة السينية من أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء، يوضع في طرفه الأول فتيلة كهربائية تمثل القطب السالب وتسمى المهبط، وفي طرفها الآخر قطعة من السيراميك سطحها مغطي بالنحاس أو التنجستين أو الموليبدنيوم ويسمى المصعد، وعند تشغيل الجهاز، تبدأ الإلكترونات بالانقذاف من المهبط، ثم الاصطدام بسطح المصعد. ينتج عن هذه الاصطدام نوعين من الموجات:

(2) طيف خطي: وينشأ نتيجة اصطدام إلكترون المهبط بإلكترون قريب من النواة في ذرة المصعد، وصعوده لمستوى عال ثم نزوله مرة أخرى، أو خروجه من الذرة، فيقوم الكترون بالنزول ليحل محله، (هي نفس فكرة طيف ليمان)، ويتميز هذا الطيف بأن له تردد موحد في مجال الأشعة السينية، ويتناسب هذا التردد طردياً مع العدد الذري لعنصر المصعد.

(1) طيف مستمر: وينشأ نتيجة تباطؤ الإلكترونات بتأثير الكترونات ذرات المصعد سواء بالتشتت أو الاصطدام، ولهذا تسمى بأشعة الانكباح (التباطؤ)، وتكون على شكل اشعاعات متعددة الطول الموجي لأن مقدار التباطؤ يختلف من إلكترون إلى آخر، ولأنها تعتمد على إلكترونات المهبط، والتغير الذي يحصل في سرعتها، لذا لا تتأثر بنوع عنصر المصعد.



شكل 21.19: الأشعة السينية [11]

بعض استخداماتها

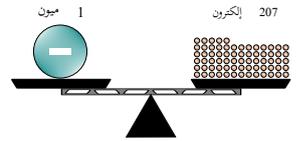
- التصوير الطبي والأمني لجسم الانسان.
- علاج الأورام السرطانية.
- كشف الشقوق والتصدعات في المعادن والاشخاب.
- فحص حقائب المسافرين في المطارات.
- دراسة بلورات الجوامد.

ضررها

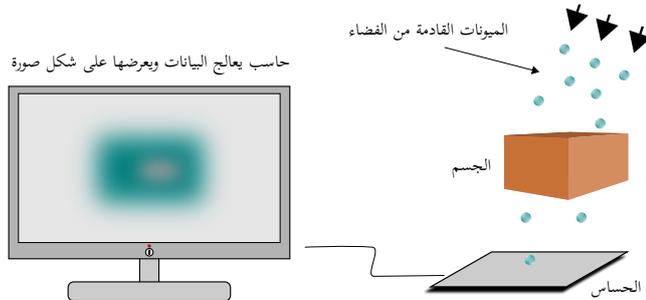
أثبتت الدراسات العلمية أن الأشعة السينية مسبب للسرطان والعقم، لذا يجب استخدامها عند الضرورة، مع اتباع إجراءات السلامة المعتمدة من الجهات الرسمية المنظمة للعمل عليها، بالنسبة للمريض والفني المشغل للجهاز.

أشعة الميون

الميون μ هو جسيم صغير جدا كتلته تعادل 207 كتلة الإلكترون وسالب الشحنة $-1.6 \times 10^{-19} J$ ، ويتكون الميون نتيجة لاصطدام الأشعة الكونية (في غالها بروتونات) بذرات غازات الغلاف الجوي، ولشدة صغر الميون وسرعته العالية فإنه يستطيع العبور من كل شيء، أي يستطيع عبور أي جامد وأي سائل وأي غاز، وكل الأجسام بالنسبة له شفاقة بنسبة شفاقية 99% تقريبا، ومع تطور أجهزة الرصد تم إنتاج حساسات خاصة على شكل شرائح تستطيع رصد التغير في كثافة الميونات العابرة من خلال جسم ماء، لكن يجب أن يكون الجسم سميك (بالأمتار)، وتكون الصورة المتكونة ضبابية كما في الرسم التوضيحي، ورغم مجانية الميونات إلا أنه يصعب استخدامها كبديل للأشعة السينية نظراً لأن العدد المتساقط منها لا يتعدى العشرات في المتر المربع خلال الثانية الواحدة.



شكل 21.20: كتلة الميون بالنسبة لكتلة الإلكترون.



شكل 21.21: اشعة الميون

21.5 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الكتلة النشطة المتبقية من 4kg من اليورانيوم $U-239$ بعد مرور 40min حيث عمر النصف له 23min ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N_0=4\text{Kg}$ ، $t=40\text{min}=2400\text{s}$ ، $T_{1/2}=23\text{min}=1380\text{s}$

التطبيق:

$$N=N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$=4 \times 2^{\left(\frac{-40 \times 60}{23 \times 60}\right)}$$

$$=1.1982\text{kg}$$

2- كم جولا تساوي وحدة الطاقة الذرية ؟

أ) 1.6×10^{-19} ✓ ج) 1.6×10^{-9}

ب) 6.1×10^{-19} د) 6.1×10^{-9}

5- من هو مكتشف نواة الذرة ؟

أ) رذرفورد ✓ ج) بور

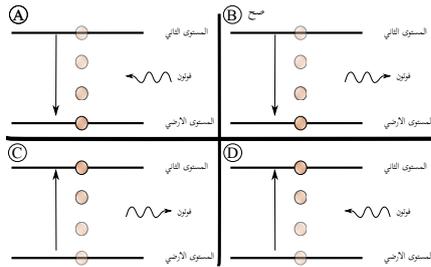
ب) واطسون د) اينشتين

6- أي نوع من الاضمحلال لا يتغير فيه عدد البروتونات أو النيوترونات في النواة ؟

أ) غاما ✓ ج) الفا

ب) بوزترون د) بيتا

7- أي الرسومات التالية تمثل الانبعاث التلقائي للضوء ؟

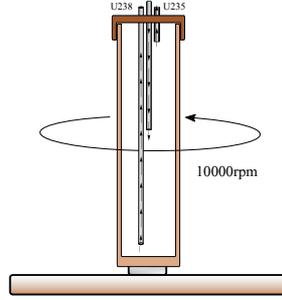


3- فائدة منتخب السرعات الحصول على ؟

أ) جسيمات مشحونة لها نفس السرعة ✓ ج) تيار كهربائي

ب) اشعة غاما د) اشعة فوق بنفسجية

4- سبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية عند اصطدامها بلوح مطلي بالزنك، أن تردد الأشعة فوق البنفسجية تردد العتبة للزنك ؟



- المواد المشعة
- تخصيب اليورانيوم
- المفاعلات الذرية

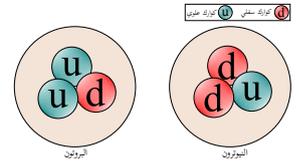
22.0.1 الذرة

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 والكترونات 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، البروتونات والنيوترونات تسمى نيوكلونات، النيوترون إذا خرج من النواة يفنى خلال دقائق بينما البروتون يستطيع أن يعيش مليارات السنين.

لماذا تكون البروتونات موجبة؟

البروتونات والنيوترونات مكونة من جسيمات أصغر تسمى الكواركات، وكل بروتون أو نيوترون يحتوي 3 كواركات، لكنها مختلفة في النوع، فالبروتون مكون من 2 كوارك علوي و 1 كوارك سفلي uud ، والنيوترون مكون من 2 سفلي و 1 علوي udd ، وشحنة العلوي $\frac{2}{3}$ وشحنة السفلي سالبة $-\frac{1}{3}$ ، فتكون الشحنة الكلية للبروتون 1 والشحنة الكلية للنيوترون صفر.



شكل 22.1: الكواركات

مثال 22.0.122 السؤال

$$Q_{Total} = 7Q_u + 8Q_d$$

احسب الشحنة الكلية لبروتونين وثلاث نيوترونات

باستخدام شحنة الكواركات؟

$$= 7 \times \frac{2}{3} + 8 \times \frac{-1}{3} = \frac{14}{3} - \frac{8}{3}$$

الحل

تعيين المعطيات: $Q_d = 8$ ، $Q_u = 7$

$$= \frac{6}{3} = 2$$

التطبيق:

النتيجة: محصلة الشحنة الكلية تساوي 2 شحنة موجبة.

النواة وشحنتها

تم اكتشاف النواة عن طريق تجارب رذرفورد، كما سبق ذكره، وحيث أن النيوترونات متعادلة الشحنة فإننا نستطيع حساب شحنة النواة بضرب عدد البروتونات في الشحنة $Z \times 1.6 \times 10^{-19}$.

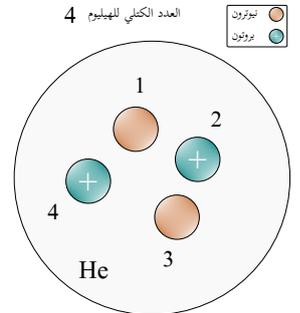
العدد الكتلي

العدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات الموجودة في نواة الذرة.

$$A = nP + nN \quad (22.1)$$

حيث nP عدد البروتونات، nN عدد النيوترونات

العدد الكتلي لليهليوم 4



شكل 22.2: العدد الكتلي يساوي مجموع البروتونات والنيوترونات.

مثال 22.0.123 السؤال

كم عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نواة ذرة أما عدد النيوترونات

الكربون ${}^{12}_6C$ ؟

$$A = nP + nN$$

الحل

تعيين المعطيات: $A = 12$ ، $Z = 6$

$$nN = A - nP$$

التطبيق:

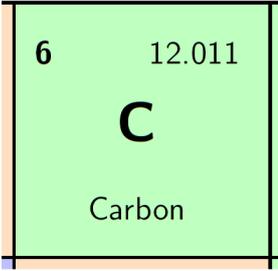
$$nN = 12 - 6 = 6$$

عدد البروتونات يساوي العدد الذري Z ويساوي 6

النتيجة: عدد البروتونات 6 وعدد النيوترونات 6.

إذا نظرنا للجدول الدوري فإننا نجد أن العدد الكتلي للكربون يساوي 12.011 وهو عدد غير صحيح (به فاصلة عشرية)، فهل يوجد داخل النواة انصاف وارباع بروتونات؟!

البروتونات والنيوترونات تكون دائما كاملة ولا يمكن وجود ربع أو نصف أو جزء بروتون، والسبب في وجود هذه الاعداد العشرية على يمين العدد الكتلي ان بعض العناصر لها نظائر (عنصر له نفس عدد البروتونات وعدد نيوترونات مختلف)، ولكي نعين العدد الكتلي للعنصر نقوم بحساب متوسط العدد الكتلي لجميع النظائر.



شكل 22.3: الكربون

طاقة وحدة الكتلة الذرية

$$E = mc^2$$

$$= 1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 1.494 \times 10^{-10} \text{ J} / 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\approx 931.494 \text{ MeV}$$

رموز العناصر

كل عنصر له رمز مكون من حرف أو حرفين للدلالة عليه، ولا توجد قاعدة عامة لاشتقاق الاسم، فبعض العناصر مشتقة من أسماء اشخاص وبعضها من أسماء بلدان وبعضها من اسم العنصر المعروف به، وتحتوي رموز العناصر على ثلاث معلومات على الأقل، رمز العنصر وعدده الذري والعدد الكتلي.

$$C_{\text{العدد الذري}}^{\text{العدد الكتلي}} = C_Z^A = C_6^{12.011}$$

وحدات الكتلة الذرية

وحدة الطاقة الذرية

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (22.2)$$

وحدة الكتلة الذرية

$$1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} \equiv 931.494 \text{ MeV} \quad (22.3)$$

ولحساب كتلة النواة نضرب عدد الكتلة في وحدة الكتلة الذرية

$$m_{\text{النواة}} = A \times u \quad (22.4)$$

حيث A عدد الكتلة

مثال 22.0.124 السؤال

احسب كتلة نواة ذرة الكربون C_6^{12} ؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=12$

التطبيق:

$$m_{\text{النواة}} = A \times u$$

النتيجة: كتلة نواة ذرة الكربون تساوي 1.992×10^{-26} كيلو جرام.

$$= 12 \times 1.66 \times 10^{-27}$$

$$= 1.992 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

كتلة جسيم الفا (2 بروتون + 2 نيوترون) 4.00153 u

حجم النواة

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}} \quad (22.5)$$

حيث r نصف قطر النواة، r_0 ثابت يساوي 1.2 fm ، $1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$ ، A العدد الكتلي.

مثال 22.0.125 السؤال

احسب نصف قطر ذرة الكربون C_6^{12} ؟ [12]

الحل

تعيين المعطيات: $A=12$ ، $r_0=1.2 \times 10^{-15}$

التطبيق:

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}}$$

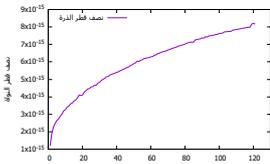
النتيجة: نصف قطر ذرة الكربون يساوي 2.747×10^{-15} متر.

$$= 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{12}$$

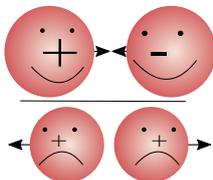
$$= 2.747 \times 10^{-15} \text{ m}$$

لكن ما الذي يجعل البروتونات متجاورة داخل النواة رغم أنها متنافرة، فجميع البروتونات موجبة ومتشابهة في الشحنة؟!؟

القوة النووية القوية

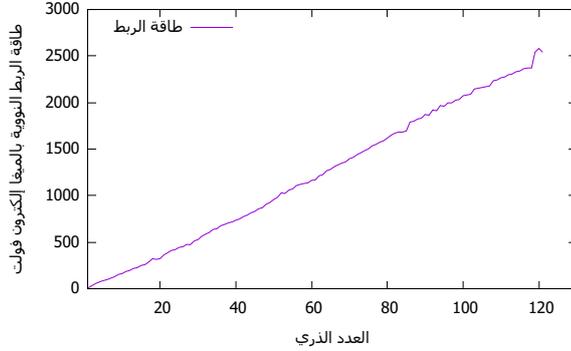


شكل 22.4: نصف قطر النواة



شكل 22.5: الشحنات

وجد العلماء أن كتلة النيوكليونات داخل النواة لا تساوي كتلة النواة، وعندما بحث العلماء عن السبب، وجدوا أن هناك روابط بين البروتونات وبعضها، والنيوترونات وبعضها، وبين البروتونات والنيوترونات، وأن هذه الروابط عبارة عن طاقة ربط



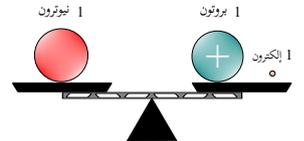
شكل 22.6: طاقة الربط النووية

$$B_E = [M_x - (Zm_p + Nm_n)] \times 931 \quad (22.6)$$

حيث B طاقة الربط، Z عدد البروتونات، N عدد النيوترونات، m_p و m_n كتلتي البروتون والنيوترون، M_x العدد الكتلي، ووحدة الطاقة الالكرون فولت.

الرمز	الكتلة بالكيلوجرام	الكتلة بوحدة الكتلة الذرية	الشحنة
p	$1.672621637 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.007825U	$1.602176487 \times 10^{-19} \text{ C}$
n	$1.67492729 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.008665U	0

جدول 22.1: النيوكليونات



شكل 22.7: نسبة كتلة النيوترون إلى كتلة البروتون وكتلة الإلكترون.

مثال 22.0.126 السؤال

$$= [12.011 - 12.09894] \times 931$$

$$= -81.872 \text{ MeV}$$

النتيجة: طاقة الربط داخل ذرة الكربون -81.872 ميغا إلكترون فولت، مع إهمال طاقة الربط بين البروتونات والالكترونات لضعفها.

احسب طاقة الربط داخل ذرة الكربون $^{12}_6\text{C}$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $M_x = A = 12.011$ ، $Z = 6$

التطبيق:

$$B_E = [M_x - (Zm_p + Nm_n)] \times 931$$

$$= [12.011 - (6 \times 1.007825 + 6 \times 1.008665)] \times 931$$

عند كسر قوة الربط النووية بين النيوكليونات¹، 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 بقوة التنافر بين البروتونات نفسها، 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، إن معدل التحلل قد يكون سريعاً في بعض العناصر (أجزاء من الثانية) وبعضها بطيء جداً (ملايين السنين)، وفي كل الأحوال يؤدي تغير عدد البروتونات داخل النواة سواء بالنقص أو الزيادة لتحول النواة لعنصر جديد.

¹النيوكليون هو البروتون أو النيوترون.

التحلل الإشعاعي للعناصر

كما سبق ذكره، أن القوة النووية القوية تربط بين الجسيمات داخل النواة فتمنعها من الخروج، لكن إذا وصل التنافر لدرجة معينة أو إلى نقطة تتغلب فيها قوة التنافر على القوة النووية القوية، عندها تبدأ جسيمات النواة بالتفتت، وتسمى هذه العملية بالتحلل أو الاضمحلال الإشعاعي، وتستمر عملية التحلل إلى أن ينتج عنصر مستقر تتغلب فيه القوة النووية القوية على قوة التنافر، وقد تم التنبه لهذه العملية في تسعينات القرن التاسع عشر على يد عدد من العلماء أشهرهم بيكرل ورذرفورد. وتوصل رذرفورد إلى وجود ثلاثة أنواع من الأشعة الناتجة عن الذرة:

(1) أشعة ألفا α : هي ذرة هيليوم H_2^4 ، ويمكن إيقافها باستخدام قطعة من الورق نظرا لحجمها الكبير، وسرعتها $3 \times 10^7 m/s$.

(2) أشعة بيتا β : هي جسيم مساوي لكتلة الإلكترون، ويمكن صدها برفاعة من الألمونيوم. وهي نوعان:

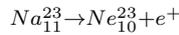
(أ) بيتا سالب β^- أو e^- : ويسمى إلكترون، وينتج عن تحلل نيوترون ليصدر بروتون + إلكترون سالب + ضديد نيوتريينو الإلكترون²، وفي هذه الحالة يتحول العنصر إلى العنصر التالي له في الجدول الدوري $n_0^1 \rightarrow p_1^1 + e^- + \bar{\nu}_e$.

(ب) بيتا موجب β^+ أو e^+ : ويسمى بوزترون، وينتج عن تحول بروتون ليصدر نيوترون + بوزترون موجب + نيوتريينو الإلكترون، وفي هذه الحالة يتحول العنصر إلى العنصر السابق له في الجدول الدوري $n_0^1 \rightarrow p_1^1 + e^+ + \nu_e$.

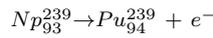
(3) أشعة غاما γ : هي موجات كهرومغناطيسية تنتج عن الاندماج أو الانشطار النووي، ويمكن صدها بحاجز من الرصاص سمكه $1cm$.

إن التغيرات التي تحصل في النواة بتأثير قوى داخلية أو خارجية يعبر عنها عادة بمعادلات تشبه معادلات التفاعل الكيميائي، أي طرف ايسر وايمن وبينهما إشارة «يؤدي إلى» المعروفة بهذا الرمز \rightarrow ، فإذا قلنا مثلا $Rn_{86}^{222} \rightarrow Po_{84}^{218} + He_2^4$ فهذا يعني أن الرادون عند تحلله ينتج ذرة بولونيوم وجسيم الفا.

مثال 22.0.127 السؤال



أما المعادلة الثانية تقول بأنه نتج إلكترون سالب وهذا يعني أنه فقد نيوترون ونتج بروتون، وبالتالي سيتحول النبتونيوم للعنصر التالي له في الجدول الدوري وهو البلوتونيوم



النتيجة: في المعادلة الأولى ينتج نظير النيون Ne_{10}^{23} وفي المعادلة الثانية ينتج نظير البلوتونيوم Pu_{94}^{239} .

أكمل المعادلات التالية مستعينا بالجدول الدوري في نهاية الكتاب؟

الحل

تعيين المعطيات: $Na_{11}^{23} \rightarrow ? + e^+$ ، $Np_{93}^{239} \rightarrow ? + e^-$

التطبيق: المعادلة الأولى تقول بأنه نتج إلكترون موجب (بوزترون) وهذا يعني فقد بروتون وبالتالي سيتحول الصوديوم إلى العنصر السابق له في الجدول الدوري وهو النيون

22.1 معادلة رذرفورد لتناثر الجسيمات

ويستخدم لحساب جسيمات الفا المتناثرة من نواة عنصر مشع.

$$N_\theta = \frac{N_i n L Z^2 K^2 e^4}{4r^2 K E^2 \sin^4(\theta/2)} \quad (22.7)$$

22.2 معادلة عمر النصف النشط

عمر النصف هو الزمن اللازم لتحلل نصف الكمية من المادة المشعة، فمثلا إذا كان لدينا $8Kg$ من مادة مشعة عمر النصف لها يوم واحد، فإن ما يتبقى منها بعد يوم $4Kg$ وبعد يومين نصف الأربعة وهو $2Kg$ وبعد ثلاثة أيام $1Kg$ ثم $0.5Kg$ ، ثم $0.25Kg$ وهكذا إلى أن نصل للصفر.

²النيوتريينو جسيم صغير جدا وليس له شحنة

ويُقاس النشاط الإشعاعي للمادة المشعة في النظام الدولي بوحدة بيكريل Bq وتعرف بأنها كمية الأشعة الصادرة من مادة مشعة تتحلل فيها نواة واحدة في الثانية.

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}} = N_0 e^{\frac{-0.693t}{T_{1/2}}} \quad (22.8)$$

حيث N الكتلة النشطة، N_0 الكتلة الاصلية، $T_{1/2}$ عمر النصف النشط، t الزمن الذي مضى.

العنصر	عمر النصف	الناتج
Rn_{238}^{200}	1 s	الفا
Y_{39}^{81}	5 min	يورانيوم
S_{16}^{35}	87.4 day	بيتا
Th_{90}^{232}	1.41×10^{10} year	الفا

جدول 22.2: عمر النصف لبعض العناصر. [8]

مثال 22.2.128 السؤال

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$= 5 \times 2^{\left(\frac{-20 \times 60}{23 \times 60}\right)}$$

$$= 2.7366 \text{ kg}$$

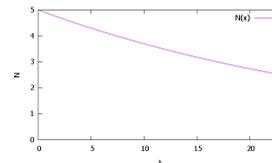
النتيجة: الكتلة النشطة المتبقية تساوي 2.7366 كيلوجرام.

احسب الكتلة النشطة المتبقية من 5kg من اليورانيوم U_{92}^{239} بعد مرور 20min حيث عمر النصف له 23min ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N_0 = 5 \text{ Kg}$ ، $t = 20 \text{ min} = 1200 \text{ s}$ ، $T_{1/2} = 23 \text{ min} = 1380 \text{ s}$

التطبيق:



شكل 22.9: عمر النصف

قانون الطاقة لاينشتاين

وهو قانون ينص على أن المادة يمكن أن تتحول لطاقة، كما وتنفق مع دي برولي في أن الطاقة يمكن أن تتحول لمادة.

$$E = mc^2 \quad (22.9)$$

حيث E الطاقة الناتجة، m الكتلة، c سرعة الضوء.

22.3 الطاقة النووية

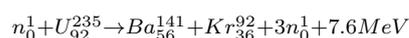
يوجد نوعين من الطاقة النووية

الطاقة الانشطارية هي عملية انقسام لنواة المادة المشعة وإنتاج ذرة جديدة أو أكثر بالإضافة إلى كمية من الطاقة تساوي الفرق بين كتلة المادة المنشطة وكتلة المواد الناتجة.

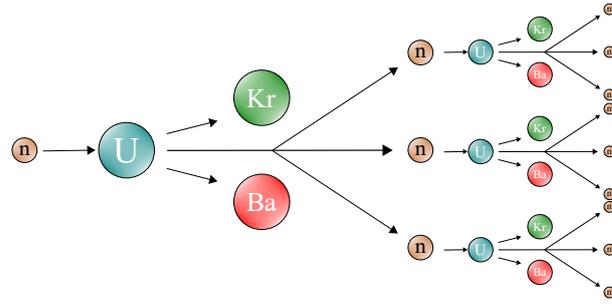
الطاقة الاندماجية هي عملية اندماج لذرات مادة أو أكثر تحت تأثير طاقة خارجية كبيرة، وينتج عنها ذرة جديدة أو أكثر وطاقة كبيرة جدا.

22.3.1 الانشطار النووي

لاحظ العلماء في بداية القرن الماضي أن تسليط شعاع من النيوترونات على ذرة اليورانيوم يؤدي إلى إنتاج ذرات جديدة وطاقة، فاستنتجوا أن النيوترونات تسببت في انقسام نواة اليورانيوم وإنتاج عنصر الباريوم والكريتون وفق المعادلة:



³تكريما للفرنسي بيكريل ت 1908م.



شكل 22.10: التفاعل المتسلسل

ويستخدم كل نيوترون خارج من الانشطار بنواة ذرة يورانيوم جديدة محدثا انشطار جديد، وهذا ما يعرف بالتفاعل المتسلسل، ولهذا توضع قضبان جرافيت أو كادميوم متحركة داخل المفاعلات لاعتراض النيوترونات عند الرغبة بخفض عدد الانشطارات، وترفع عند الرغبة بزيادتها.

22.3.2 المفاعلات النووية

هي منشأة تستخدم لإنتاج الطاقة عن طريق الانشطار أو الاندماج النووي.

22.3.2.1 المواد المستخدمة في المفاعلات الذرية

الماء الثقيل D_2O هو مادة تشبه الماء العادي إلا أنها تختلف عنه في عدة أشياء:

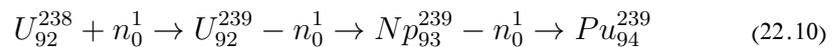
الماء العادي	الماء الثقيل
H_2O	D_2O
يحتوي ذرتي هيدروجين	يحتوي ذرتي ديتريوم
درجة تجمده 0 مئوي	درجة تجمده 3 مئوي
درجة غليانه 100 مئوي	درجة غليانه 101 مئوي
يتواجد في كل مكان	يتواجد في البحار والمحيطات
يصلح للشرب	لا يصلح للشرب
يصلح للزراعة	لا يصلح للزراعة

جدول 22.3: الماء الثقيل

* هدف وجداني

للأسف! قبلي هيروشيما وناجازاكي قتل أكثر من 200 ألف رجل و امرأة وطفل، وعدد غير محدد من الحيوانات.

البولوتونيوم هو عنصر يوجد كمنتج ثانوي في مفاعلات اليورانيوم، فبعد استهلاك طاقة الوقود النووي يتم استبداله بوقود جديد، وتجرى عمليات كيميائية للوقود المستهلك لاستخراج مادة البولوتونيوم، والتي تستخدم بالدرجة الأولى في صنع القنابل الذرية، لكن يستخدم أيضا كوقود لبعض المفاعلات النووية، وينتج البولوتونيوم من اليورانيوم وفق التفاعل التالي:



فيتحول اليورانيوم 238 إلى يورانيوم 239 بعد اصطدام النيوترون بنواته، ثم يحدث تحليل بيتا لنواته وتفقد نيوترون وتكتسب بروتون فيصبح عنصر النيوبوم، ثم يحدث تحليل بيتا فيتحول النيوبوم إلى بلوتونيوم.

التورنيوم عنصر التورنيوم المشع Th_{90}^{232} يتميز بوفته فهو العنصر العاشر من حيث الوفرة على سطح الأرض، فالكمية الموجودة منه تكفي البشر 10 آلاف سنة، وكل $1cm^3$ منه تعادل 800 لتر من الديزل، ويتميز بأنه عند خلطه بالبولوتونيوم وبنفايات مفاعلات اليورانيوم يستهلكها ويحرقها، وبالتالي يعطينا طاقة كهربائية ويساعدنا على التخلص من نفايات اليورانيوم المخزنة في العالم على مدى العقود الماضية، فضلا عن أن كمية الاستهلاك السنوي فالاستهلاك السنوي للمفاعلات الموجودة الآن يساوي

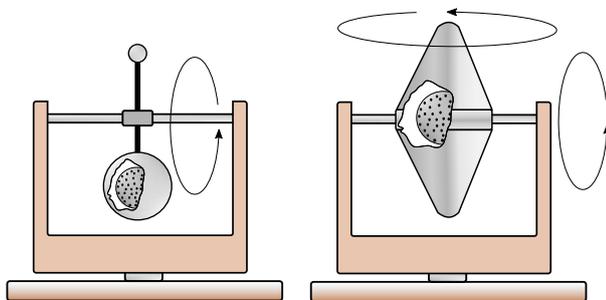
65000tonnes يورانيوم، بينما لو استبدلناه بالثوريوم سنحتاج 5000tonnes فقط من الثوريوم للحصول على نفس كمية الطاقة. لكن المشكلة التي تقف بيننا وبين استخدام الثوريوم هي عدم توصل العلماء إلى طريقة عملية لاستخلاص الثوريوم بكميات وأسعار تجارية لتشغيل المفاعلات النووية، وعدم وجود نماذج حديثة وآمنة لمفاعلات الثوريوم التي تعتمد على الوقود السائل وتستخدم فلوريد الليثيوم LiF وفلوريد البريليوم BeF_2 الخطرين [5]، فقد توقف تطوير هذه المفاعلات لفترة طويلة نظراً لعدم قدرة هذه المفاعلات على إنتاج القنابل النووية، وربما خلال عقدين⁴ أو ثلاثة سيبدأ عصر مفاعلات الثوريوم، وتعتبر مصر رقم 23 في المخزون العالمي للثوريوم، بالإضافة للمغرب وموريتانيا، أخيراً الثوريوم موجود في حياتنا اليومية فكل جهاز مايكرويف منزلي يحتوي على 10grams من حلقات الثوريوم داخل الماغنترون.⁵

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 عنصر مشع متوفر بكميات جيدة في الطبيعة، ويوجد عادة في صخر البتشلاند (اليورانييت)، وقد تم استخلاص 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 والنوع الثاني U_{235} ونسبته 0.711% وهو النوع الممتاز لكن نسبته منخفضة جداً، ولهذا حاول العلماء فرز النوعين واستخراج النوع الممتاز U_{235} ، 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 سموا العملية بالتخصيب وليس الفرز.

22.3.2.2 تخصيب اليورانيوم

طرق تخصيب اليورانيوم (الفرز) من الأقدم للأحدث:

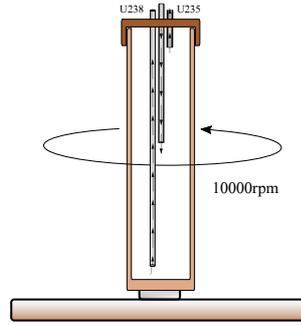


شكل 22.11: التخصيب بالانتشار

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 الأخر (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.

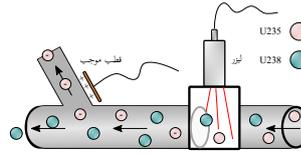
⁴العقد عشر سنوات، والقرن مئة سنة.

⁵الماغنترون هو القطعة التي تصدرالموجات في جهاز المايكرويف.



شكل 22.12: التخصيب بالطرد المركزي

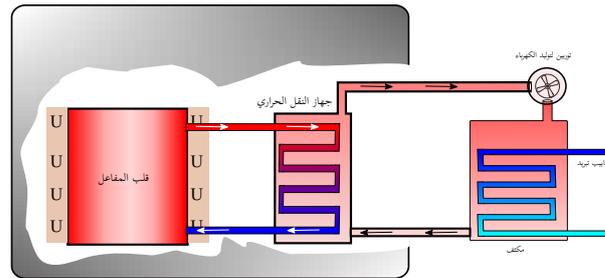
2- طريقة الطرد المركزي: وهي طريقة تعتمد على الكثافة، فحين نضع الزيت والماء معا في إناء، يطفو الزيت على الماء، لأن كثافة الزيت أقل من كثافة الماء. يتم تمرير غاز سداسي فلوريد اليورانيوم إلى اسطوانة عمودية تدور حول محورها بسرعة بين $10000-20000r/min$ ، فينفصل اليورانيوم U_{235} ويصعد لأعلى الاسطوانة لأنه الأخف، ويخرج من أنبوب في أعلى الاسطوانة، وينزل اليورانيوم U_{238} لأنه الأثقل ويخرج من أنبوب في اسفل 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 22.13: 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 جانبي 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 الأخر 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، 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 22.14: المحطة النووي

22.3.2.3 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 الزركونيوم⁶، ويملاً كل أنبوب باليورانيوم، ثم تدخل الأنابيب في قلب المفاعل، المفاعلات المتوسطة تحتوي 30 - 100 طن يورانيوم، وتستبدل خلال سنتين تقريباً، وهذا يتوقف على مستوى تخصيب اليورانيوم المستخدم، وعلى كثافة تشغيل المفاعل.

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 الإشعاع)، 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 جداً، قادمة من المفاعل، وتعود إليه في حركة مستمرة، لجعل الماء في حالة غليان مستمر، ويخرج من هذه الخزانات انبوب يحمل البخار المضغوط إلى توربين مولد الكهرباء، فتتحرك زعانفه منتجة الكهرباء.

22.3.2.4 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 وافضل ادفن.

22.3.2.5 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 إسمنتيه، بعدها توضع في موقع التخزين الذي يكون عادة تحت الأرض.

القنبلة النووية

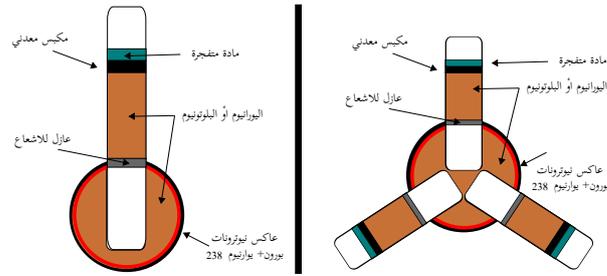
القنبلة النووية هي سلاح فتاك يعمل على إنتاج طاقة كبيرة جداً وفق قانون أينشتاين $E=mc^2$ ، وقد تم بناء أول قنبلة في الولايات المتحدة الأمريكية، وفجرت في صحراء نيومكسكو. ولكي ينفجر اليورانيوم يجب أن تتوفر فيه ثلاثة شروط:

(2) الشكل الكروي: يجب أن تكون الكتلة الحرجة لليورانيوم في شكل كروي لكي يحدث الانفجار، لأن بعد الذرات عن المركز متساوي فيصلها عدد متساوي من النيوترونات التي تساعد على حدوث التفاعل المتسلسل.

(3) كثافة التشكيل: لكي يحدث الانفجار يجب أن يكون اليورانيوم في شكل مضغوط (مكبوس) جيداً، ولا يكون على شكل مسحوق سائب.

(1) الكتلة الحرجة: وتعني أن كتلة اليورانيوم يجب أن لا تقل عن كتلة معينة، يختلف مقدارها باختلاف درجة التخصيب، فمثلاً يكفي $20Kg$ من اليورانيوم المخصب بدرجة 95% لتفجير القنبلة، بينما نحتاج إلى $600Kg$ تقريباً إذا كان التخصيب 15% فقط. كما أن الكتلة الحرجة تختلف باختلاف المادة المستخدمة، فالكتلة الحرجة للبلوتونيوم أقل من الكتلة الحرجة لليورانيوم.

⁶لأنه لا ينصهر إلا عند 1855 درجة مئوية، ولا يتفاعل مع النيوترونات.



شكل 22.15: نموذجان مبسطان للقنبلة النووية

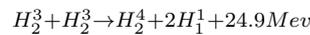
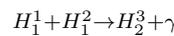
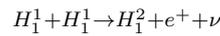
لنفرض أن لدينا $25Kg$ من اليورانيوم المخصب 95% ، ونرغب بإنتاج قنبلة نووية، إننا إن وضعنا الكمية ككتلة واحدة ستنفجر فوراً داخل المصنع، لأن كتلة هذه الكمية أكبر من الكتلة الحرجة، ولهذا تقسم الكمية إلى جزئين، بشرط أن تكون كتلة أي منهما أقل من الكتلة الحرجة وهي $20Kg$. مثلاً القطعة الأولى $15Kg$ والثانية $10Kg$ ، لكن لا يمكن أن نجعلها $20Kg$ و $5Kg$ لماذا؟!، بعد ذلك نضع مادة متفجرة خلف الكتلة الصغيرة لكي تدفعها بإتجاه الكتلة الكبيرة، فيلصقان ويبدأ التفاعل المتسلسل وتنفجر القنبلة.

مثال آخر، لنفرض أن لدينا $64Kg$ من نفس اليورانيوم السابق، فإننا سنلاحظ أننا لا يمكن أن نجزئه إلى قسمين فقط، لأن احدهما على الأقل سيكون أكبر من الكتلة الحرجة، ولا يمكن قسمته إلى ثلاثة أقسام أيضاً لنفس السبب، ولهذا سنقسمه إلى 4 قطع، بشرط أن لا تكون كتلة أي منها $20Kg$ أو أكبر، مثل أن يكون في الوسط $19Kg$ و البقية $15Kg$ ، $15Kg$.

وكلما زادت كتلة القنبلة زاد عدد التجزيء، إذا كان لدينا $100Kg$ من نفس اليورانيوم السابق، إلى كم قطعه يجب أن نجزئها؟!

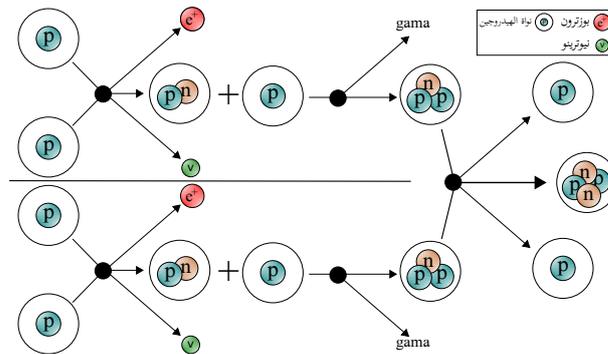
22.3.3 الاندماج النووي

هو رد فعل يحدث عندما تقترب ذرتين أو أكثر من بعضهما بدرجة كافية لإنتاج ذرة جديدة أو أكثر مع بعض الجسيمات، والفرق بين كتلتي المتفاعلات والناتج يصدر على شكل طاقة كبيرة. ولكي نقوم بعملية الدمج فإننا يجب أن نوفر الطاقة اللازمة لتكوين روابط القوة النووية القوية بين النيوكليونات النواة، ولهذا لا تحدث عملية الاندماج إلا في درجة حرارة عالية جداً $10^7 - 10^8 K$ ويتم الحصول عليها بقنبلة انشطارية أو الليزر أو الإنضغاط السريع. وإذا بحثنا في الجدول الدوري عن النواة التي تملك أقل عدد من النيوكليونات وبالتالي أقل تنافر مع الانوية الأخرى، فإننا لن نجد أصغر من الهيدروجين، ولهذا يستخدم في عمليات الاندماج النووي. ويحدث الاندماج النووي بشكل مستمر على سطح الشمس.



ت	المتفاعلات	الطاقة الناتجة
1	$D_1^2 + T_1^3$	$17MeV$
2	$D_1^2 + D_1^2$	$12.5MeV$
3	$D_1^2 + He_2^3$	$18.3MeV$
4	$B_5^11 + p^+$	$8.7MeV$

جدول 22.4: من أفضل خيارات الاندماج

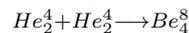


شكل 22.16: الاندماج النووي

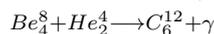
ولا يستخدم الهيدروجين العادي عادة في الاندماجات النووية، وإنما نظائره الديتيريوم D_1^2 والتريتيوم T_1^3 معطيا طاقة تتغير بتغير المتفاعلات، وأهم التفاعلات الاندماجية هي الموضحة في الجدول في الهامش مع الطاقة الناتجة عنها.
ويستخدم الليثيوم أيضا في الاندماج النووي بقذفه ببروتون مسرع حسب المعادلة: $Li_3^7 + H_1^1 \rightarrow 2He_2^4 + 17.3MeV$

نشأة العناصر ؟

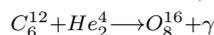
نتيجة لتفاعلات الاندماج النووي على النجوم العملاقة يتحول الهيدروجين إلى هيليوم، وعند استهلاك معظم الهيدروجين تبدأ درجة حرارة النجم بالانخفاض، وهذا يقلص قلبه المكون من الهيليوم، مما يولد ضغط هائل يرفع درجة حرارة مركزه إلى 100 مليون كالفن فينتج البريليوم:



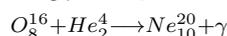
ثم يتحول البريليوم إلى كربون:



ثم يتحول الكربون إلى أكسجين:



والأكسجين يتحول إلى نيتروجين:

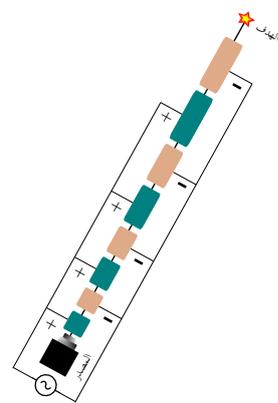


وتستمر العملية لإنتاج العناصر الكيميائية، ويعتقد أن جميع العناصر الموجودة على سطح الأرض قد تكونت بنفس الطريقة.

22.3.4 مسرعات الجسيمات

مسرع الجسيمات الخطي

هو جهاز مكون من أنابيب متصلة بشكل مستقيم ويفصل بينها فواصل ذات قطبية كهربائية، ويزداد طول هذه الفواصل كلما اقتربنا من الهدف. وقد يصل طول الانابيب إلى عدة كيلومترات، ويتميز بقدرته على إكساب الجسيمات المسرعة طاقة عالية جدا، إلا أنه يستهلك كمية كبيرة من الطاقة، وإذا لم تصنع أنابيبه من مواد فائقة التوصيل فإن درجة حرارتها سترتفع بشكل كبير.



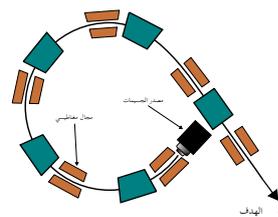
شكل 22.17: مسرع الجسيمات الخطي

السنكروترون

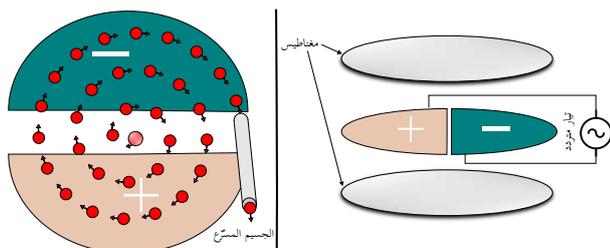
هو جهاز مكون من أنابيب متصلة بشكل دائري ويفصل بينها فواصل ذات مجالات مغناطيسية، تعمل على زيادة سرعة الجسيم المستهدف، ويتميز بأنه يحتاج إلى مساحة أرض أصغر، لكن يعيبه أنه لا يستطيع الوصول للسرعات التي تصل له مسرعات الجسيمات الخطية الكبيرة بسبب المدار الدائري، حيث يتسبب القصور الذاتي في تناثر كمية من الجسيمات إلى الخارج.⁷

السيكلترون

هو جهاز مكون من نصفي دائرة متقابلين ويفصل بينهما مسافة صغيرة، ويوصلان بقطبي تيار متردد، ويوضعان بين مجالين مغناطيسيين يمنعان الجسيم من الهرب، بحيث يتحرك الجسم في مدار دائري فوق نصفي الدائرة كما في الرسم. ويتميز السيكلترون بصغر حجمه، وانخفاض تكلفته، لذا يمكن للجامعات الحصول عليه بسهولة أكبر من المسرع الخطي والسنكروترون، كما أن حجمه صغير فيمكن وضعه داخل أحد المختبرات.



شكل 22.18: السنكروترون



شكل 22.19: السيكلترون

⁷ يوجد واحد في الأردن بشراكة دول منها مصر والصين ويفتتح قبل 2020م.

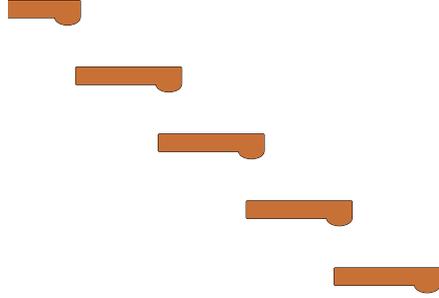
فكرة عمله

لنفرض أننا نريد تسريع بروتون موجب، نظراً لأن التيار الكهربائي المستخدم هو تيار متردد لذا فإن قطبية نصفي الدائرة تتغير باستمرار، وطبعاً البروتون الموجب سينجذب للقطب السالب، فينجذب لنصف الدائرة الأول السالب لكن بمجرد وصوله إليه يكون قد تحول لموجب (لأن التيار متردد)، فينحرف مبتعداً، وينتجه لنصف الدائرة الثاني السالب لكن بمجرد وصوله إليه يكون قد تحول لموجب (لأن التيار متردد)، ويستمر البروتون يدور، كلما وصل للقطب السالب يفاجأ بتحوله لقطب موجب، فيعود أدرجه، ويستمر البروتون يدور ويدور إلى أن يصل لمحيط الدائرة ويخرج من المنفذ، بعد أن اكتسب السرعة المطلوبة.

22.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 1- توضع المادة المشعة داخل المفاعل في أنابيب مصنوعة من:
- (أ) الحديد (ب) الزركونيوم ✓ (ج) النحاس (د) الفضة
- 2- المادة المشعة الأكثر استخداماً في المفاعلات الذرية:
- (أ) الفرانسيوم (ب) الراديوم (ج) البلوتونيوم (د) اليورانيوم ✓
- 3- اليورانيوم المستخرج من الأرض يحتوي على $U235$ بنسبة أكبر من $U238$:
- (أ) صح (ب) خطأ ✓
- 4- إن معدل تدفق الغازات من غشاء مسامي يتناسب طردياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات:
- (أ) صح (ب) خطأ ✓
- 5- احسب كمية اليورانيوم $U235$ التي يستهلكها مفاعل ذري قدرته $500 \times 10^6 W$ وكفاءته 25% ؟
- الحل**
- تعين المعطيات: $E_{U235} = 200 MeV$
التطبيق: طاقة انشطار ذرة $U235$ بالجول
- $$E = 200 \times 10^6 eV \times 1.6 \times 10^{-19} = 32 \times 10^{-12} J$$
- طاقة الخرج 25%
- $$= 32 \times 10^{-12} \times 0.25 = 8 \times 10^{-12} J$$
- عدد الانشطارات (الأنوية) المطلوبة في الثانية واليوم (اليوم 86400 ثانية)
- $$= \frac{500 \times 10^6}{8 \times 10^{-12}} = 62.5 \times 10^{18} / s$$
- $$= 62.5 \times 10^{18} \times 86400 = 54 \times 10^{23} / day$$
- كتلة اليورانيوم المستهلكة في اليوم
- $$= \frac{\text{عدد الانشطارات}}{\text{عدد الفواعل}} \times 235 = \frac{54 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{26}} \times 235 = 39.03 \times 10^{-3} Kg$$
- 6- تحول اليورانيوم U_{92}^{238} إلى ثوريوم Th_{90}^{234} يصاحبه انبعاث جسيمات:
- (أ) ألفا ✓ (ب) بيتا (ج) جاما (د) أشعة فوق بنفسجية
- 7- النظائر هي ذرات عنصر واحد ومتشابهه في:
- (أ) عدد الالكترونات ✓ (ب) عدد النيوترونات (ج) عدد الكتلة (د) حجم الذرة
- 8- ما مقدار (Z, A) التي تجعل المعادلة $U_{92}^{238} \rightarrow \alpha + Y_Z^A$ صحيحة:
- (أ) $Z=90, A=234$ ✓ (ب) $Z=90, A=238$ (ج) $Z=92, A=238$ (د) $Z=92, A=234$
- 9- عدد انحلالالات الجسم المشع كل ثانية يسمى:
- (أ) النشاط الإشعاعي ✓ (ب) الانشطار النووي (ج) الاندماج النووي (د) التفاعل الكيميائي
- 10- الطاقة النووية اللازمة لاضمحلال نصف كتلة العنصر المشع تسمى؟
- (أ) نصف العمر (ب) عمر الحياة (ج) نصف الإشعاع (د) عمر النصف ✓
- 11- الطاقة النووية على سطح الشمس؟
- (أ) اندماجية ✓ (ب) انشطارية (ج) تفاعلية (د) انعكاسية
- 12- في التفاعلات النووية الذي يختلف؟
- (أ) العدد الكتلي ✓ (ب) الطاقة (ج) كمية الحرارة (د) مقدار الكتلة



• أسئلة متنوعة

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 17- أي العلاقات التالية تكافئ العلاقة $T = \frac{v \cdot s}{m^2}$:
 (أ) $m = \sqrt{\frac{v \cdot s}{T}}$ (ج) $v = s \cdot T \cdot m^2$
 (ب) $m = \sqrt{\frac{T}{v \cdot s}}$ (د) $v \cdot s = \frac{T}{m^2}$
- 18- سقط فوتون تردده $108 \times 10^{14} Hz$ على سطح تردد العتبة لمادته $8 \times 10^{14} Hz$ ، كم ستكون طاقة الإلكترون المتحرر ؟
 (أ) $6.626 \times 10^{-18} J$ (ج) $864 \times 10^{-18} J$
 (ب) $116 \times 10^{-18} J$ (د) $13.5 \times 10^{-18} J$
- 19- أي الوحدات التالية هي وحدة لكمية فيزيائية قياسية ؟
 (أ) الأمبير (ج) الأوم
 (ب) الفولت (د) التسلا
- 20- إذا كانت كتلة مادة مشعة $12 grams$ وكان عمر النصف لها $4 days$ ، احسب كتلتها يوم السبت بعد القادم، إذا كان اليوم هو الجمعة ؟
 (أ) $3 grams$ (ج) $2 grams$
 (ب) $6 grams$ (د) $4 grams$
- 21- الأشعة السينية هي موجات ؟
 (أ) ترددها عال وطولها الموجي صغير (ج) ترددها منخفض وطولها الموجي صغير
 (ب) ترددها عال وطولها الموجي كبير (د) ترددها منخفض وطولها الموجي كبير
- 22- انتقال الحرارة في الفضاء يسمى ؟
 (أ) اشعاع (ج) حمل
 (ب) توصيل (د) رفع
- 23- إمكانية تحرير إلكترونات معدن ما بواسطة شعاع ضوئي مناسب يسمى ؟
 (أ) التأثير الكهروضوئي (ج) تأثير دوپلير
 (ب) التأثير الكهروستاتيكي (د) الانشطار النووي
- 24- أي الصندوقين المتساويين في الكتلة والحجم، له قوة إحتكاك سكوني أكثر على الأرض ؟
 (أ) مربع سرعتها (ج) طولها الموجي
 (ب) مربع سرعتها (د) مربع سعتها
- 25- حسب قانون كبلر: تسير الكواكب في مدارات حول الشمس ؟
 (أ) اهليجية (ج) مستقيمة
 (ب) دائرية (د) متقاطعة
- 26- جسم كتلته على سطح الأرض $10 Kg$ ، كم كتلته إذا وضعناه على سطح القمر ؟
 (أ) $10 Kg$ (ج) $90 Kg$
 (ب) $98 Kg$ (د) صفر
- 27- الكميات التالية كميات قياسية ما عدا ؟
 (أ) القوة (ج) المسافة
 (ب) الزمن (د) شدة التيار
- 28- نتأكد من صحة الفرضية عن طريق ؟
 (أ) الاستنتاج (ج) التجريب
 (ب) التحليل (د) السؤال
- 29- تمثيل حركة الجسم بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة ؟
 (أ) الجسم الخطي (ج) الجسم الحلزوني
 (ب) الجسم النقطي (د) الجسم القصي
- 30- أي العمليات التالية تعتبر عملية فيزيائية ؟
 (أ) توصيل النحاس (ج) احتراق الورق
 (ب) صدأ الحديد (د) نمو الشجرة
- 31- إذا تحركت الموجات بالسرعة نفسها فإن معدل نقلها للطاقة يتناسب طردياً مع ؟
 (أ) مربع سرعتها (ج) طولها الموجي
 (ب) مربع سعتها (د) مربع سرعتها



التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

- 32- المقصود بأن طاقة الذرة كمكامة، أنها تأخذ قيم ... ؟
- (أ) صحيحة ✓ (ج) نسبية
(ب) طبيعية (د) صغيرة
- 33- يرمز للنظام الدولي للوحدات بالرمز ؟
- (أ) SI ✓ (ج) MI
(ب) Tr (د) GI
- 34- أي الوحدات التالية وحدة لكمية أساسية في النظام العالمي ؟
- (أ) الامبير A ✓ (ج) الفولت V
(ب) التسلا T (د) الأوم Ω
- 35- إحدى الوحدات التالية تعد مشتقة ؟
- (أ) m/s ✓ (ج) m
(ب) Kg (د) s
- 36- المسافة بين مدينتي جدة والطائف $180Km$ ، تكون المسافة بالامتار ؟
- (أ) $18 \times 10^4 m$ ✓ (ج) $1800m$
(ب) $180 \times 10^{-3} m$ (د) $180 \times 10^6 m$
- 37- كم Hz في $0.6MHz$ ؟
- (أ) $6 \times 10^5 Hz$ ✓ (ج) $6 \times 10^6 Hz$
(ب) $6 \times 10^7 Hz$ (د) $0.6 \times 10^5 Hz$
- 38- أي القيم التالية تساوي $86.2cm$ ؟
- (أ) $8.62 \times 10^{-4} Km$ ✓ (ج) $862dm$
(ب) $8.62m$ (د) $0.862mm$
- 39- علم يدرس الطاقة والمادة والعلاقة بينهما ؟
- (أ) الفيزياء ✓ (ج) الاحياء
(ب) الكيمياء (د) الرياضيات
- 40- مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية ؟
- (أ) القياس ✓ (ج) الدقة
(ب) الضبط (د) الطريقة العلمية
- 41- طريقة قراءة التدريج تكون بالنظر إليه ؟
- (أ) عموديا ويعين واحدة ✓ (ج) عموديا وبكلتا العينين
(ب) مائلا ويعين واحدة (د) مائلا وبكلتا العينين
- 42- دقة قياس الاداة تساوي ؟
- (أ) نصف قيمة اصغر تدريج ✓ (ج) نصف قيمة أكبر تدريج
(ب) ربع قيمة اصغر تدريج (د) ربع قيمة أكبر تدريج
- 43- علم يدرس الطاقة والمادة والعلاقة بينهما ؟
- (أ) الفيزياء ✓ (ج) الاحياء
(ب) الكيمياء (د) الرياضيات
- 44- إذا كانت طاقة الوضع لجسم $100J$ عندما كان على ارتفاع $10m$ ، فما مقدار طاقته الحركية عندما يسقط إلى ارتفاع $5m$ عن الأرض ؟
- (أ) $50J$ ✓ (ج) $9.8J$
(ب) $5J$ (د) $15J$
- 45- أكبر الاشعاعات التي لديها قدرة على النفاذ ؟
- (أ) غاما ✓ (ج) الفا
(ب) بيتا (د) تحت الحمراء
- 46- علم يدرس الطاقة وتحولاتها في الكون :
- (أ) الديناميكا الحرارية ✓ (ج) الكهروستاتيكا
(ب) الميكانيكا الحرارية (د) الميكانيكا
- 47- إذا كانت طاقة الفوتون الساقط على سطح فلزي $5.5eV$ وكان اقتران الشغل للفلز $4.5eV$ ، فإن طاقة الالكترون المتحرر تساوي ؟
- $$E_{out} = E_{in} - E_{pairing}$$
- (أ) $1eV$ ✓ (ج) $1.22eV$
(ب) $10eV$ (د) $24.75eV$
- 48- نموذج الجسم الأسود الذي استخدمه بلانك كان على شكل :
- (أ) متوازي مستطيلات ✓ (ج) كرة
(ب) هرم (د) أنبوب

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

49- تخمين علمي يمكن أن يكون صائباً أو خاطئاً؟
50- قذف جسم إلى أعلى وبعد ثانيتين وصل الجسم لأقصى ارتفاع،
كم كانت السرعة الابتدائية ($g=10m/s^2$)؟

- | | | | |
|------------|--------------|--------------------|--------------|
| ج) $10m/s$ | أ) $20m/s$ ✓ | ج) القانون | أ) الفرضية ✓ |
| د) $2m/s$ | ب) $5m/s$ | د) الحقيقة العلمية | ب) النظرية |

24.1 الجدول الدوري

(Mendeleev's) Periodic Table of Chemical Elements via TikZ

1	1.0079 H Hydrogen	2	4.0025 He Helium
1 IA	3 6.941 Li Lithium	4 9.0122 Be Beryllium	18 VIIA
2	11 22.990 Na Sodium	12 24.305 Mg Magnesium	17 VIA
3	19 39.098 K Potassium	20 40.078 Ca Calcium	16 VA
4	37 85.468 Rb Rubidium	38 87.62 Sr Strontium	15 VA
5	55 132.91 Cs Caesium	56 137.33 Ba Barium	14 IVA
6	87 223 Fr Francium	88 226 Ra Radium	13 IIIA
7	89-103 Ac-Lr Actinide	89-103 La-Lu Lanthanide	12 IIIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
			8 VIIIB
			7 VIIB
			6 VIB
			5 VB
			4 IVB
			3 IIIB
			2 IIB
			1 IB
			12 IIB
			11 IB
			10 VIIIB
			9 VIIIB
	</		

24.2 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 لأجراء الحسابات المتنوعة وحل المسائل المعقدة، وحفظ واسترجاع البيانات، وتميز بأنها مدعومة على جميع أنظمة التشغيل، بالإضافة إلى احتوائها *modules* التالية *math* و *numpy* و *scipy* للتعامل مع جميع الحسابات الرياضية تقريبا و *modules* التالية *visual* و *pylab* و *MatPlotLib* للرسوم البيانية العلمية والإحصائية. إنته إلى أن الحزمة *math* فقط هي التي تأتي مدمجة مع بايثون أما بقية الحزم يجب تركيبها بالأمر *pip*، لكن من تجربتي الشخصية وجدت أن أسهل طريقة لتركيب حزم البايثون على الوندوز هي تنزيل الحزم بصيغة *whl* من <http://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/> ثم تركيبها بالأمر *pip install c:/yourdir/yourmodule.whl*، ويكون اسم الحزم مثل هذا *scipy-0.18.1-cp36-win_amd64.whl* وحجم بعضها يتجاوز 100 ميغابايت، وعند تنزيلنا للحزمة نركز على نهاية اسم الملف هل هو 64 بت للأجهزة الحديثة أم 32 بت للأجهزة القديمة جدا، والرقم الذي يأتي بعد *cp* يدل على إصدار البايثون، مثلا *cp36* تعني الحزمة تتوافق مع إصدار بايثون 3.6.

وتستخدم بايثون في التعامل مع الروبوتات، وبناء البرامج البسيطة وكذلك المعقدة، وينصح الفيزيائيين بتعلم أساسياتها، ولهذا تستخدم في ناسا وكثير من مراكز الأبحاث، 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 أساسية، لكن هذا لا يعني أنها ضعيفة، أنها قوية لكنها ليست الأولى.

لأهمية البايثون للفيزيائيين، تم إضافة هذا الملحق لشرح بعض الأمور الأساسية في البايثون، والتي تساعد الفيزيائي على حل 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 أبدا بالاعتماد الكلي على الحاسب الآلي في حل المسائل، لأنك ستفقد مهاراتك بالتدريج وربما تصل لنسيان القوانين، لكن استخدمه عندما يكون وقتك ضيقا، أو تحتاج لتطبيق قانون معين على عدد كبير من الحالات أو للتأكد من صحة حلك، وأخيرا للمسائل والرسوم البيانية المعقدة. ومن المراجع التي يمكن استخدامها لدراسة بايثون للفيزيائيين:

- كتاب تعلم البرمجة مع بايثون 3، وابحث عنه في قوقل باسم *learn_python3.pdf*.
 - كتاب *Computational Physics Solving Problem Computers*، وابحث عنه في قوقل باسم *computational_physics.pdf*.
 - كتاب *Python With Physics Computational*، وابحث عنه في قوقل باسم *CPwP.pdf*.
 - كتاب *Science for Python to Introduction*، وابحث عنه في قوقل باسم *PythonMan.pdf*.
- * لا أعرف نوع تصريح الملكية الفكرية لكل كتاب منها، لذا ابحث عن ذلك بنفسك.

تركيب البايثون

يمكن تركيب البايثون من موقعها python.org ويفضل بشدة تركيب الإصدار الأخير من بايثون 3 وليس بايثون 2 القديمة. لكتابة أكواد البايثون نحتاج لمحرر، توجد الكثير من برامج التحرير المجانية، لكن أشهرها *pycharm* ويستخدمه أكثر من 50% من مبرمجي بايثون (لمبرمجي برامج الهاتف أو الأجهزة التي تحتوي شاشات لمس ينصح بتركيب *module* باسم *kivy* أيضا فهو يسهل عملية صنع واجهة البرامج ودعم شاشات اللمس)، وتوجد محررات أخرى.

من أهم أنواع المتغيرات في بايثون

- الأعداد الحقيقية *float* وهي الأعداد التي بها فواصل عشرية أو أسس مثل 3.14 أو 3.2×10^{-12} .

- الأعداد الصحيحة *int* هي الأعداد التي لا تحتوي على فواصل عشرية مثل 1013 أو 8.

- النصوص *str* هي الحروف أو الكلمات النصية.

والفاصلة تكتب دائما نقطة (9.8) وليس (9,8).

مثال للتدريب: قانون نيوتن الثاني $F=ma$

```
m = 2
a = 9.8
F = m * a
```

ولطباعة النتيجة على الشاشة نستخدم الأمر *print* ويجب وضع المطلوب طباعته بين قوسين () والنصوص داخل القوسين، يجب وضعها بين علامتي تنصيص مزدوجة "text"، كما يجب وضع فاصلة بين النصوص والمتغيرات:

```
print(m)
print(a)
print(F)
print(" the force = ", F, " Newton ")
```

لجعل العملية متقدمة أكثر يمكننا أن نجعل البرنامج يطلب من المستخدم كتابة القيم في نافذة صغيرة :

```
from math import *
m = float(input(" write m her "))
a = float(input(" write a her "))
F = m*a
print(" Force = ", F)
```

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:

```
from math import *
a+b
a-b
a*b
a/b
```

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.

```
import math from *
a = 9//2
b = 9%2
c = 4**2
print(a , b , c)
```

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 والاختصار، أن نكتب المساواة بين أكثر من قيمة في سطر واحد مثل:

```
from math import *
a , b , c = 3 , 2 , 9
```

وتعني $a=3$ و $b=2$ و $c=9$.
بعض العمليات الرياضية الأخرى:

tan	log
asin	10log
sinh	exp
sqrt	sin
pi	cos

انشاء 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 الثاني:

```
def f(m, a):
    print(m * a)

f(3, 4)
```

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 لأننا سنحسب القوة، بين القوسين نضع رموز المتغيرات، لكن لا نكتب رموز الثوابت كتسارع الجاذبية الأرضية، وبعدها رمز النقطين الرأسية (:). ثم نقر على زر الإدخال enter، وسنلاحظ أن السطر الجديد لم يبدأ من أول السطر، وإنما بعد أربعة مسافات من بداية 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. ولا نحتاج لاعادة الاسطر الأولى إذا رغبتنا بحل مسألة جديدة، فقط نكتب السطر الأخير مع تغيير المعطيات مثل f(24,8) وهكذا.

كيف نكتب معادلة بها 3 متغيرات ؟ ، بنفس الطريقة السابقة، لكن نضيف رمز المتغير الثالث داخل اسم الدالة، مثال قانون الحركة الأول $V_f = V_0 + at$:

```
def vf(v0, a, t):
    print(v0 + a * t)

vf(2, 5, 20)
```

كتابة الجذر في معادلة $v = \sqrt{2 * g * h}$ والحزمة math والعملية سهلة، لاستيراد حزمة في بايثون، نكتب from ثم اسم الحزمة ثم import لاختيار وظيفة معينة في الحزمة (النجمة بعد import تعني أيها الحاسب استورد في ذاكرتك (الرام) جميع الأوامر أو الوظائف الموجودة في الحزمة math ، لاحظ أن استيراد كل الأوامر قد يستهلك الذاكرة العشوائية للجهاز ويبطئه لذا حاول أن تستورد ما تريده فقط:

```
from math import *
def vg(h):
    g = 9.81
    print("%.2f" % math.sqrt(2 * g * h))
vg(99)
```

الجديد في المثال السابق هو استخدام الجذر sqrt ، و الأمر "%.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 [14].

الكود	النتيجة
"%.2f" %	12.79
"%.2e" %	1.27e+01
"%.2g" %	13
"%.2d" %	12

لنفرض أن لدينا قانون له متغيرين، ويكون أحدهما مجهول في مسألة، والآخر يكون مجهولا في مسألة أخرى، بدلا من أن نكتب دالة لكل مسألة، أكتب دالة للحالتين.

```

def speed(vg, h):
    g = 9.81
    if vg == '':
        print("%.2f" % math.sqrt(2 * g * h))
    elif h == '':
        print("%.2f" % (vg ** 2 / (2 * g)))
speed('', 99)
speed(50, '')

```

قانون حساب سرعة السقوط الحر يحتوي على متغيرين vg و h وهما السرعة والارتفاع، بالإضافة لثابت تسارع الجاذبية الأرضية g ، ولأنه ثابت لم نضعه مع المتغيرات بين القوسين، إن الدالة تقول: الدالة اسمها `speed` وتحتوي على متغيرين هما vg و h ، يوجد ثابت اسمه g وقيمته 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 خانتي فقط، أما إذا كان الارتفاع h مجهول فاحسب واطبع النتيجة باستخدام الصيغة الثانية... الخ، أخيراً لاستخدام الدالة نكتب `speed('', 99)` إذا كانت السرعة مجهولة، و `speed(50, '')` إذا كان الارتفاع مجهول.

hphysics هي مكتبة بايثون 3 تحتوي على قوانين فيزياء جاهزة للاستخدام، ويستفاد منها في حل المسائل الفيزيائية بسرعة وسهولة.

يمكن تنزيل آخر إصدار من هنا:

sourceforge.net/projects/hphysics/files/

طريقة الاستخدام:

تحتوي المكتبة على أكواد لحل مجموعة من المسائل الفيزيائية، ويتم استخدامها بالطريقة التالية:

١. يتم حفظ ملف المكتبة `hphysics.py` في مجلد بايثون الذي نحفظ فيه ملفاتنا.

`save hphysics.py in any folder`

أو ننسخه لمجلد:

`C:\Users\username\AppData\Local\Programs\Python\Python36`

بعد حذف رقم الاصدار من اسم الملف ليصبح `hphysics` ، وبذلك نستطيع استيراده في IDEL .

٢. نستورد المكتبة بالأمر: `from hphysics import *`

`create new python file, then write "from hphysics import *"`

٣. نستورد دالة الحل بالطريقة التالية: نحدد القانون المطلوب، وننسخ دالته، مثل $h1(f,m,a)$ ونعوض فيها بالمعطيات، ونعوض عن المجهول

بقوسين فارغين ^١ " لكي يعرف الكود أن هذا المتغير مجهول، ويمكن معرفة أسماء الدوال من الجدول التالي.

`in 2nd line, write function name, like "h1(f,m,a)", and put " in unkonown like: h1(",2,4),or h1(8,",4) or h1(8,2,")`

بالنسبة لمستخدمي جوال اندرويد يمكنهم تركيب برنامج `qpython3` المجاني، ونسخ مكتبة الفيزياء في مجلد السكريبتات `.qpython/scripts3`. ثم

فتح ملف جديد فارغ وحفظه في نفس المجلد باسم `ph.py`، واستيراد المكتبة كما تم شرحه في الخطوات السابقة.

`we can used hphysics in android with "qpython3 program" or python3 program`

ت	English	عربي	القانون	def
1		قانون نيوتن الثاني	$F=ma$	<code>h1(f,m,a)</code>
2		السرعة الخطية	$v=\frac{d}{t}$	<code>h2(v,d,t)</code>
3		التسارع الخطي	$a=\frac{v}{t}$	<code>h3(a,v,t)</code>
4		معادلة الحركة الخطية 1	$v_x=v_0+at$	<code>h4(vx,a,t,v0)</code>
5		معادلة الحركة الخطية 2	$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$	<code>h5(x,a,t,v0)</code>
6		معادلة الحركة الخطية 3	$v_f^2=v_0^2+2ax$	<code>h6(vf,v0,a,x)</code>
7		زمن السقوط الحر	$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$	<code>h7(t,h,g)</code>
8		سرعة السقوط الحر	$v=\sqrt{2gh}$	<code>h8(v,g,h)</code>
9		سرعة السقوط في آلة أتوود	$v_x=\sqrt{\left(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\right)2gh}$	<code>h9(v,m1,m2,g,h)</code>
10		المسافة الأفقية في المقذوفات	$x=\frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$	<code>h10(x,v0,theta)</code>
11		زمن المسافة الأفقية في المقذوفات	$t=\frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$	<code>h11(t,v0,theta)</code>
12		العزم مع الجيب	$\tau=Fr \times \sin\theta$	<code>h12(t,f,r,theta)</code>
13		العزم مع جيب التمام	$\tau=Fr \times \cos\theta$	<code>h13(t,f,r,theta)</code>
14		عزم الاتزان	$F_1 \times r_1 - F_2 \times r_2 = 0$	<code>h14(f1,f2,r1,r2)</code>
15		القوة مع الدفع	$J=F\Delta t$	<code>h15(j,f,t)</code>
16		الدفع مع الزخم	$J=p_f - p_i$	<code>h16(j,m1,m2,v1,v2)</code>

^١ بتحويل لغة لوحة المفاتيح للانجليزية ثم نقرة واحدة على الزر المجاور لمفتاح Enter من اليسار.

24.3 برنامج Gnuplot

برنامج جنو بلوت `gnuplot` هو برنامج قوي لانتاج الرسوم البيانية البسيطة والمتقدمة، وهو مجاني ومفتوح المصدر ويعمل على الويندوز واللينكس والماك، لكن بدون واجهة رسومية، ويمكن للفيزيائي استخدامه لانتاج رسوماته البيانية، وانصح بتركيبه إذا لم يتم تركيب برنامج ماكسيما.

24.3.1 الرسم المسطح باستخدام `plot`

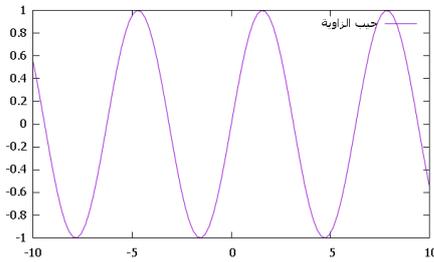
مثال 1 لنفرض أننا نريد رسم منحنى $\sin\theta$ جيب الزاوية؟
نكتب أمر الرسم `plot` وبعده المعادلة، ثم انقر على زر `Enter` في لوحة المفاتيح لينتج الرسم البياني! أليست عملية سهلة.

```
plot sin(x)
```

لنفرض أننا نريد تحديد مدى الأرقام على المحور السيني أو الصادي أو كليهما، كل ما علينا فعله هو استخدام الأمر `xrange` والأمر `yrange`.

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
plot sin(x)
```

وهذه نتيجة الرسم:



شكل 24.1: 2gnuplot

كيف أكتب اسم المتغير على المحور السيني أو المحور الصادي؟
يمكننا ذلك باستخدام الأمر `xlabel` والأمر `ylabel`.

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text_her'
set ylabel 'text_her'
plot sin(x)
```

كما يمكننا ملء الرسم البياني بالأمر `with` (يمكن كتابته `w` فقط)، متبوعاً بنوع الملء مثل `filledcurves` أو تخطيط ما تحته `impulses` (توجد خيارات كثيرة - راجع دليل برنامج جنو بلوت).

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
```

```
set xlabel 'text_her'
set ylabel 'text_her'
plot sin(x) with filledcurves
```

مثال 2 كيف نكتب كود لرسم بياني لأكثر من دالة أو معادلة؟
يمكننا رسم معادلتين أو أكثر بوضع فاصلة بينها كما في الكود التالي:

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text_her'
set ylabel 'text_her'
a(x) = sin(x)
b(x) = cos(x)
plot a(x) , b(x)
```

وكما هو واضح أننا نكتب المعادلة الثانية في سطر جديد وبإسم جديد b ، ويمكن إضافة معادلة ثالثة ورابعة و...، وكل معادلة في سطر جديد وبإسم جديد، وفي السطر الأخير نطبع المعادلات بالامر `plot` ثم كتابة أسماء الدوال مع وضع فاصلة بينها.

كيف نكتب نص داخل الرسم البياني؟
نستخدم الأمر `label` ملصق مع تحديد مكان ظهور النص بالأمر `at` تتبعه الاحداثية:

```
set label 'text' at 2,3.5
```

وتعني اطبع كلمة `text` على الرسم البياني عند الاحداثية 2 على المحور السيني و 3.5 على المحور الصادي.
كيف أكتب عنوان نصي للرسم البياني؟

```
set title 'text_her'
```

ومن الأوامر المهمة تعيين نوع الزاوية (راديان أو درجات)، البرنامج يعتمد الراديان افتراضياً، وإذا رغبتنا بالتغيير، نستخدم أحد الأمرين التاليين:

```
set angles degrees
set angles radians
```

استيراد البيانات

ومن الأوامر المهمة استيراد البيانات، لنفرض أننا نريد إنتاج رسم بياني للعدد الكتلي الخاص بعناصر الجدول الدوري، ولنفرض أن البيانات مخزنة في ملف `mass number.csv` والملف يحتوي بيانات كل العناصر، والعدد الكتلي هو العمود 20 في الجدول داخل ملف `CSV`.

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' using :($20) with lines
```

في السطر الأول أخبرنا البرنامج بنوع الفاصلة الموجودة بين البيانات في ملف `CSV` (ملفات `CSV` يمكن أن تستخدم عدة أنواع من الفاصلات)، ويمكن معرفة نوع الفاصلة بفتح الملف ببرنامج المفكرة أو أي محرر نصوص.

السطر الثاني يقول لرسم `plot` مستخدماً `using` (يمكن كتابتها فقط `u`) العمود عشرين \$20 في الملف `mass number.csv`، لاحظ أن البرنامج يستخدم علامة الدولار \$ للدلالة على رقم العمود في الجدول، واجعل `with lines` الرسم البياني على شكل خط متصل بين النقاط `lines` (لو لم نكتب هذه الجزئية سيقوم البرنامج برسمها على شكل نقاط)، ويمكن إجراء عملية حسابية على العدد الكتلي أو إدخاله في معادلة مثل قسمته على 3، وستلاحظ أن البرنامج يسمح باختصار جملة `with lines` إلى الحرف الأول من كل منهما `w l` للتسهيل.

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' u :($20)/3 w l
```

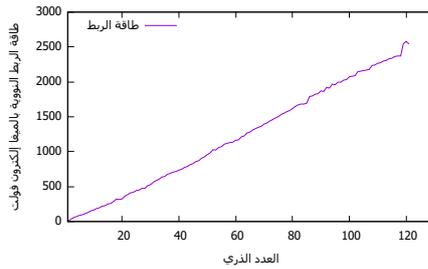
لنفرض أن جدول البيانات في الملف يحتوي على عدد كبير من الصفوف ونرغب باختيار مدى معين، مثلا نريد الرسم البياني للصفوف من 1 إلى 10 في الجدول وذلك بكتابة [1:10] بعد الأمر `plot` :

```
plot [1:10] 'mass_number.csv' u :($20) w l
```

مثال آخر: الرسم البياني لمعادلة طاقة الربط النووية القوية بين البروتونات، حيث العمود \$20 العدد الكتلي، و \$27 العدد الذري.

$$B_E = [M_x - (Zm_p + Nm_n)] \times 931$$

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' /
u :(( $20 ) - (( $20 ) * 1.007825 + ( $20 - $27 ) * 1.008665 )) * 931 /
w l
```



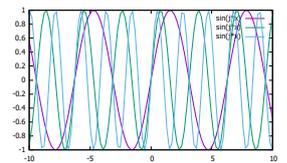
شكل 24.2: binding

تم تقطيع السطر بعد `plot` بسبب حجم الصفحة، لذا عند رغبتك بتجربة هذا المثال، فضلا احذف / ثم ضع كل ما بعد `plot` في سطر واحد.

تكرار الرسم بالحلقة البرمجية `loop`

```
plot for [j=1:3] sin(j*x)
```

نكتب المدى بعد `for` مع ملاحظة أن نعوض بإسم المتغير في المعادلة المراد رسمها.

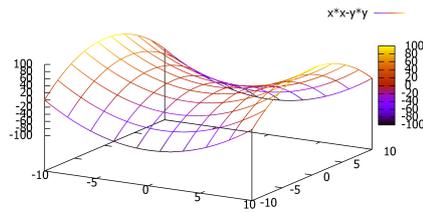


شكل 24.3: loop

24.3.2 الرسم المجسم يتم باستخدام الأمر `splot`

مثال على الرسم المجسم باستخدام `palette` :

```
splot x*x-y*y with line palette
```

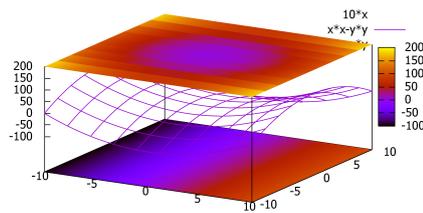


شكل 24.4: palette

مثال آخر على الرسم المجسم باستخدام *pm3d* مع *at b* لوضع الرسم في الاسفل أو *at t* لوضع الرسم في الأعلى، وبدون *at* لوضع الرسم في الوسط :

```

splot 10*x with pm3d at b
splot x*x-y*y
splot x*x+y*y with pm3d at t
splot 10*x with pm3d at b, x*x-y*y, x*x+y*y with pm3d at t
    
```

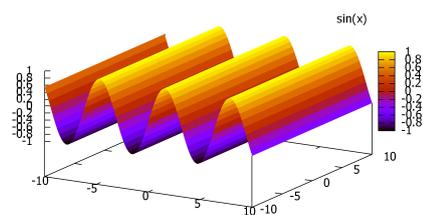


شكل 24.5: d3pm

مثال آخر

```

splot sin(x) w pm3d
    
```



شكل 24.6: d3pm

وأخيرا توجد الكثير من الخيارات والوظائف المتقدمة التي يمكن الاطلاع عليها في دليل المستخدم الخاص ببرنامج جنو بلوت، ولا تنس بعد أي رسم اكتب *reset* لمسح الذاكرة والبدء من جديد.
ملاحظات مهمة:

- كثير من الاوامر التي تم شرحها مثل *xlabel* و *xrange* و *title* موجودة في الواجهة الرسومية في قائمتي *Axis* و *chart*، أي يمكن إضافتها بدون كتابة أي كود.
- ملف *CSV* هو ملف نصي يستخدم بكثرة لتصدير الجداول من اكسل أو كلك أو مواقع الويب، ويتميز بصغر حجمه ودعمه في جميع أنظمة التشغيل، وجميع برامج الجداول الممتدة (حسب علمي) تدعم التصدير إليه.

24.4 برنامج Maxima

برنامج ماكسيما *Maxima* هو برنامج جبري (رياضيات وفيزياء) لحساب نتائج أي عملية رياضية تقريبا، من المعادلات البسيطة إلى معادلات التفاضل والتكامل، مروراً بالمصفوفات وكثيرات الحدود وتحليل العوامل واللوغارتمات وعلم المثلثات وغيرها من العمليات الرياضية، بالإضافة إلى الرسومات البيانية، وهو البديل المجاني لبرنامج *Mathematica* المشهور. البرنامج له عدة واجهات رسومية (يتم تركيبها بعد تركيب البرنامج) ولكن أشهرها منذ 25 سنة، واجهة *Wxmaxima*، وهي واجهة سهلة وتم دمجها أخيرا في البرنامج (نسخة ويندوز)، ولا اعرف عن نسخة لينكس وماك، ولهذا أنصح به لجميع اساتذة الجامعات ومعلمي الفيزياء وطلاب الفيزياء في الجامعات، أما طلاب المرحلة الثانوية فلا اعتبره مهم لهم في الفيزياء، إن هذا البرنامج تم انتاجه من عام 1967م أي من قبل اختراع الويندوز وأجهزة الحاسب الشخصي، أي عمره 49 سنة، ويتم تطويره بشكل مستمر، وهو من جامعة *MIT* الامريكية العريقة، أخيرا بعد أن تكتب اي معادلة انقر *Ctrl+Enter* لظهار النتيجة.

24.5 برنامج Octave

برنامج أوكتاف *Octave* هو برنامج حساب عددي (رياضيات) لحساب نتائج العمليات الرياضية العددية ورسمها. وللبرنامج واجهة رسومية مدمجة به. وهو البديل المجاني لبرنامج *MatLab*، بل يمكن برمجة أوامر وعمليات الماتلاب عليه ويحفظ الملفات بصيغة *m* الخاصة بالماتلاب، وهو مفيد للمهندسين أكثر من الفيزيائيين، لكن يستخدم من قبل الفيزيائيين في الرسوم البيانية المعقدة المبينة على كمية بيانات كبيرة ناتجة عن تجربة معينة.

24.6 برنامج PHET

برنامج فيت *PHET*، هو برنامج تكنولوجيا الفيزياء التعليمية، إنه برنامج رائع من انتاج جامعة كلورادو الامريكية، وتشارك جامعة الملك سعود السعودية في تمويله، وهو مختبر علمي افتراضي، يحتوي قريبا من 100 تجربة فيزيائية مشهورة تغطي مناهج المرحلة الثانوية والجامعية، ويستطيع الطالب اجراء التجارب من خلال الحاسب الآلي في منزله أو مدرسته، دون الاتصال بالنت، وفي نفس الوقت مجاني، ومتعدد اللغات، ومعرب تقريبا، ويسمح بالمشاركة في تعريبه.

24.7 برنامج Inkscape

برنامج إنكسكاب *inkscape* هو برنامج رسم متجهي* يساعد الفيزيائي وغيره على رسم أي شيء، ويمتلك مميزات رائعه تجعله صديقا للفيزيائي، والبرنامج مجاني ويعمل على لينكس وويندوز، ويحتوي موقعه على مكتبة رسومات كبيرة تبرع بها مستخدمو البرنامج.

* برامج الرسم المتجهي هي برامج تخزن الرسوم على شكل معادلات رياضية بدلا من حفظها نقطة نقطة، ولهذا تكون ملفات رسوماتها صغيرة مهما كانت معقدة، وهو ما يجعلها تستخدم في الرسومات التي تتطلب دقة عالية، مثل تصميم العملات الورقية، والرسومات الهندسية في أوتوكاد، والرسومات المجسمة في ثريدي ستوديو، وبرامج الرسم الصناعي والعلمي.

24.8 برنامج R

برنامج *R* هو برنامج ممتاز يعمل كبديل مجاني ومفتوح المصدر لبرنامج الإحصاء المشهور *SPSS*، ولهذا هو مفيد لعدد محدود من الفيزيائيين.

24.9 برنامج Lyx

برنامج Lyx.org هو افضل برنامج لكتابة الكتب العلمية ورسائل الماجستير والدكتوراة، ومبني على لغة Latex المختصة بكتابة الأبحاث العلمية، ولهذا فهو يعمل على فلسفة «ما تريد هو ما تحصل عليه» ، وليس «ما تراه هو ما تحصل عليه» ، أي ركز على الكتابة فقط وسيقوم البرنامج بالتنسيق نيابة عنك بطريقة احترافية، ويستطيع تصدير كتابك بصيغة بوستسكريبت عالية الجودة الخاصة بالمطابع الحديثة، بالإضافة إلى pdf والورد والرايتر وغيرها. وقد تم اختراع لغة لتيك قبل اختراع الويندوز، ولهذا فإن بعض الجامعات والمجلات العلمية المشهورة تشترط تسليم نسخة من الرسالة العلمية أو المقالة أو البحث مكتوبا بلغة Latrx ، ولشهرة هذه اللغة وقوتها تم بناء برنامج Lyx بواجهة سهلة ومعربة وتدعم اللغة العربية (الواجهة بلغة C) . أنصح كل استاذ جامعي بتركيب البرنامج (حتى غير الفيزيائيين) ، وأنصح به كل مدرس فيزياء أو رياضيات وكل شخص يريد كتابة رسالة الماجستير أو الدكتوراة أو حتى كتابة بحث علمي، برنامج Lyx لا يختص بالكتب العلمية فقط، إنه يخدم جميع الكتب وجميع الرسائل العلمية والأدبية.

قائمة الأشكال

14	1.1	الشاحنة الكبيرة يصعب تحريكها إن كانت ساكنة، ويصعب إيقافها إن كانت متحركة لأن قصورها الذاتي كبير نتيجة لكبر كتلتها.
14	1.2	نيوتن الثاني: يزداد التسارع بزيادة القوة.
14	1.3	قانون نيوتن الثالث: قوة اندفاع الغاز تولد قوة رد فعل ترفع الصاروخ.
15	1.4	السرعة
16	1.5	المعادلة الأولى للحركة: تزداد السرعة بزيادة الزمن.
16	1.6	المعادلة الثانية للحركة: تزداد المسافة المقطوعة بزيادة الزمن.
16	1.7	السقوط الحر [11]
17	1.8	زيادة سرعة السقوط الحر كلما زاد الارتفاع بسبب تسارع الجاذبية الأرضية.
17	1.9	السقوط الحر
17	1.10	يختفي التسارع عند الوصول للسرعة الحدية.
18	1.11	آلة آتوود
19	1.12	المقدوفات [11]
19	1.13	المسافة الأفقية في المقدوفات
24	2.1	الشمس والارض
24	2.2	الزوايا
24	2.3	الراديان
25	2.4	اتجاه التسارع الزاوي
27	2.5	العزم
27	2.7	$\tau = Fr \cos \theta$
27	2.6	$\tau = Fr \sin \theta$
27	2.8	إشارة العزم
28	2.9	التوازن [11]
28	2.10	مركز الكتلة
28	2.11	حدوة الفرس
28	2.12	مركز الكتلة
35	3.1	الدفع - الزخم
36	3.2	زاوية محصلة الزخم
42	4.1	الشغل
42	4.2	شغل الحقيقية
42	4.3	الطاقة الحركية
44	4.4	الفائدة الميكانيكية للدراجة تساوي سرعة الدواسة مقسوما على سرعة العجلة الخلفية.
48	5.1	طاقة الوضع
49	5.2	طاقة الوضع المرنة
50	5.3	قانون حفظ الطاقة
54	6.1	كمية الحرارة
54	6.2	طرق التدفق الحراري
54	6.3	الماء الساخن يصدر الأشعة تحت الحمراء.
55	6.4	الحرارة النوعية والسعة الحرارية
55	6.5	حالات المادة
55	6.6	البلازما [11]

56	القانون الاول للديناميكا الحرارية [7]	6.7
57	الثلاجة	6.8
60	السد [11]	7.1
	ضغط السائل عند جميع النقاط الأربعة متساوي، لأن ضغط السائل لا يتأثر بشكل الإناء وإنما بعمق السائل.	7.2
60		
61	ينخفض الضغط الجوي بزيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر	7.3
61	إذا أغلقنا مخرج حاقة ممتلئة بالهواء ثم كبسناها فإن حجم الغاز سيصغر بزيادة الضغط.	7.4
62	زيادة درجة الحرارة ستؤدي لزيادة الضغط ثم الانفجار لأن الحجم ثابت.	7.5
63	قوة التماسك والتلاصق	7.6
63	قوة التماسك والتلاصق	7.7
64	مستوى السائل الأقل كثافة يكون أعلى من مستوى السائل الأكبر كثافة.	7.8
65	مبدأ أرخميدس	7.9
65	مبدأ برنولي	7.10
65	تدفق السائل في الأنوب	7.11
66	خطوط الانسياب	7.12
67	تمدد المواد الصلبة	7.13
68	التمدد الحجمي	7.15
72	موجة النابض	8.1
72	قانون هوك	8.2
73	السرعة - السعة	8.3
74	البندول	8.4
74	الموجات السطحية [11]	8.5
74	الطول الموجي	8.6
80	أنواع الموجات	9.1
80	الميكروفون	9.2
81	الموجات الطولية	9.3
82	تأثير دوبلر	9.4
83	الأعمدة الهوائية المغلقة	9.5
83	الشوكة الرنانة [1]	9.6
84	الأعمدة الهوائية المفتوحة	9.7
84	الصنومتر	9.8
85	سونار [11]	9.9
88	أنواع الأسطح	10.1
88	الاستضاءة	10.2
89	الاستضاءة	10.3
89	الوان الطيف للون الأبيض	10.4
89	الاستضاءة	10.5
94	السطوح غير المصقولة	11.1
94	قانون الانعكاس الاول	11.2
94	انكسار الضوء	11.3
95	الزاوية الحرجة	11.4
96	المنشور	11.5
96	أنواع العدسات	11.6
96	عدسة محدبة تجتمع الضوء وتركزه في نقطة تسمى البؤرة. [11]	11.7
97	رسم الصورة	11.8
98	العين	11.9
98	تطبيقات على العدسات	11.10
101	أنواع المرايا	11.11

101	رسم الصورة في المرآة المقعرة	11.12
103	مرآة مصباح الطيب	11.13
108	الاهتزاز	12.1
108	تجربة يونج	12.2
108	التداخل في الأغشية	12.3
109	حيود الشق الأحادي	12.4
110	محزوز الحيود	12.5
110	قرص DVD	12.6
110	معيار ريليه	12.7
114	بالون سالب الشحنة يجذب الماء الموجب الشحنة [11]	13.1
114	الموصلية الكهربائية في المواد	13.2
114	القوة الكهروستاتيكية بين الأجسام المشحونة	13.3
115	تجربة قانون كولوم	13.4
118	نسيج المجال	14.1
118	القوة الكهربائية	14.2
119	عزم ثنائي القطب	14.3
119	مجال ثنائي القطب	14.4
119	ثنائية القطب النقطية	14.5
120	شحنتان متشابهتان	14.6
120	شحنتان مختلفتان	14.7
121	المكثف	14.8
126	من مصادر التيار الكهربائي	15.1
127	إلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار	15.2
127	المقاومة الكهربائية [11]	15.3
128	المقاومة النوعية	15.4
132	على التوالي	16.1
133	شدة إضاءة المصابيح تقل كلما ابتعدنا عن المصدر إذا كان التوصيل على التوالي.	16.2
133	شدة إضاءة المصابيح تبقى ثابتة إذا كان التوصيل على التوازي.	16.3
133	على التوازي	16.4
135	التيار المجمع في كيرشوف	16.5
138	البوصلة [11]	17.1
138	الأقطاب المغناطيسية	17.2
138	القطب المغناطيسي للأرض لا يتطابق مع قطبها الجغرافي، ويتغير مكانه في مدى 73 كم في كل عام.	17.3
138	برادة الحديد ترسم خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس. [11]	17.4
138	المجال المغناطيسي	17.5
139	اتجاه المجال المغناطيسي في سلك	17.6
140	اتجاه المجال المغناطيسي في ملف	17.7
141	عزم ازدواج الملف	17.8
141	الأميتر	17.9
143	إتجاه I في نفس اتجاه أطراف الحرفين.	17.10
143	الحث المتبادل بين ملفين	17.11
144	المحول الكهربائي	17.12
148	التوصيلية ومستوى طاقة فيرمي	18.1
149	مكونات تحتوي السيليكون [11]	18.2
150	تأثير زيادة الشوائب على السيليكون	18.3
150	الوصلة الثنائية	18.4

151	الاتجاه الامامي	18.5
151	الاتجاه العكسي	18.6
151	الترانزستور	18.7
152	آلية الترانزستور	18.8
152	الانحياز الامامي في الترانزستور	18.9
152	الانحياز العكسي في الترانزستور	18.10
152	مرور التيار في الترانزستور	18.11
153	البواب المنطقية	18.12
156	شعلة الصوديوم [11]	19.1
156	الموجات الكهرومغناطيسية	19.2
156	منحنى بلانك	19.3
157	الاستشعار عن بعد [10]	19.4
157	منحنى فين	19.5
157	التأثير الكهروضوئي	19.6
158	تأثير كمبتون	19.7
159	إنخفاض طول موجة دي برولي بتأثير زيادة سرعة الجسم	19.8
159	موجة دي برولي للالكترونات حول النواة	19.9
160	المجهر الالكتروني	19.10
164	تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء	20.1
165	السرعة النسبية لرجل في القطار	20.2
165	الأثير- مايكلسون ومورلي	20.3
166	معادلات التحويل لجاليلو للأبعاد الأربعة	20.4
166	معادلات التحويل لجاليلو بعد تطبيق تصحيح لورنتز	20.5
167	الطول النسبي يتقلص بزيادة السرعة	20.6
167	الطول في النسبية	20.7
167	البوفو هي خيالات ناتجة عن ظواهر جوية، وأحيانا مركبات وأسلحة تجريبية سرية أو طائرة تعمل على تأثير كوندنا coanda	20.8
167	الكتلة النسبية تزداد بزيادة السرعة	20.9
168	يمثل البعد الرابع بحذف البعد z واستبداله بالبعد t	20.10
170	عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجذب	20.11
173	انحناء الزمكان بتأثير كتلة الشمس	20.12
173	انحناء الزمكان	20.13
173	موجات الجاذبية	20.14
176	أنبوب كروكس [1]	21.1
176	تجربة قطرة الزيت لمليكان	21.2
176	تجربة تومسون	21.3
176	نسبة كتلة الإلكترون إلى كتلة البروتون	21.4
177	مطياف الكتلة	21.5
178	تجربة رذرفورد	21.6
178	نموذج ذرة بور	21.7
180	أطياف ذرة الهيدروجين الصادرة عند نزول إلكترون من المستوى السادس إلى أي مستوى أدنى	21.8
180	المطياف وطيف الصوديوم	21.9
181	خطوط فراونهوفر - الخطوط السوداء	21.10
181	السحابة الالكترونية	21.11
181	فرق الطور	21.12
181	الانبعاث المستحث	21.13
182	انتاج الليزر	21.14
183	الاسكان المعكوس في الليزر	21.15
183	أحادية اللون في الليزر	21.16

183	الباركود	21.17
183	جهاز الأشعة السينية	21.18
184	الأشعة السينية [11]	21.19
184	كتلة الميون بالنسبة لكتلة الإلكترون.	21.20
184	أشعة الميون	21.21
188	الكواركات	22.1
188	العدد الكتلي يساوي مجموع البروتونات والنيوترونات.	22.2
189	الكربون	22.3
189	نصف قطر النواة	22.4
189	الشحنات	22.5
190	طاقة الربط النووية	22.6
190	نسبة كتلة النيوترون إلى كتلة البروتون وكتلة الإلكترون.	22.7
191	أشعة بيتا	22.8
192	عمر النصف	22.9
193	التفاعل المتسلسل	22.10
194	التخصيب بالانتشار	22.11
195	التخصيب بالطرد المركزي	22.12
195	التخصيب بالتأين بالليزر	22.13
195	المحطة النووي	22.14
197	نموذجان مبسطان للقنبلة النووية	22.15
197	الاندماج النووي	22.16
198	مسرع الجسيمات الخطي	22.17
198	السنكروترون	22.18
198	السيكلترون	22.19
214	2gnuplot	24.1
216	binding	24.2
216	loop	24.3
217	palette	24.4
217	d3pm	24.5
217	d3pm	24.6

قائمة الجداول

17	معامل لزوجة الهواء والماء [6]	1.1
24	وحدات الحركة الزاوية	2.1
35	إشارات الزخم	3.1
36	زاوية محصلة التصادم	3.2
37	إشارات الموقع بعد التصادم	3.3
37	وحدات الزخم وحفظه	3.4
67	معامل لزوجة الهواء والماء لاحظ لزوجة الهواء تزداد بارتفاع درجة الحرارة. [6]	7.1
82	معامل الحجم لبعض المواد	9.1
83	تردد الرنين في الانابيب المغلقة	9.2
84	تردد الرنين في الانابيب المفتوحة	9.3
88	الاستضاءة	10.1
95	معامل الانكسار لبعض المواد الشفافة	11.1
96	صفات الصور في العدسات	11.2
97	حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 1	11.3
98	حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 2	11.4
98	حالات تكون الصور في العدسات المقعرة	11.5
99	إشارات القانون العام للعدسات والمرآيا	11.6
99	قيم تكبير العدسة	11.7
101	صفات الصورة	11.8
102	حالات تكون الصور في المرايا المقعرة	11.9
103	حالات تكون الصور في المرايا المحدبة	11.10
103	إشارات القانون العام للعدسات والمرآيا	11.11
103	قيم تكبير العدسة	11.12
108	تداخل الضوء المترابط	12.1
140	قاعدة فلمنج لاتجاه المجال المغناطيسي	17.1
180	طاقة مستويات الهيدروجين	21.1
190	النيوكلونات	22.1
192	عمر النصف لبعض العناصر. [8]	22.2
193	الماء الثقيل	22.3
197	من أفضل خيارات الاندماج	22.4

	س	الأغشية الرقيقة, 108	ا
		الإزاحة, 74	
		الإزاحة الزاوية, 24	
		الإلكترونات, 114	
		الاتزان, 28	
		الاتزان الحراري, 54	
		الاستضاءة, 88	
		الاستقطاب, 89	
		الانعكاس, 94	
		الانكسار, 94	
		الأتاوود, 18	
		السرعة الزاوية, 24	
	ض		ت
		الضغظ, 60	التداخل, 108
		الضوء المترابط, 108	التدفق الضوئي, 88
	ط		التردد, 74
		الطاقة الحركية, 42, 48	التسارع, 15
		الطاقة المخزنة, 48	التسارع الزاوي, 25
		الطاقة الكهربائية, 129	التصادم, 35
		الطفوء, 65	التصادمات, 50
		الطور, 74	التطعيم, 150
		الطول الموجي, 74	التمدد الحجمي, 68
		طاقة الإلكترون, 178	التمدد الطولي, 67
		طاقة الوضع السكونية, 49	التوصيل على التوازي, 133
		طاقة الوضع المرونية, 49	التوصيل على التوالي, 132
		طاقة وضع الجاذبية, 48	تحت الصوتية, 84
	ع		ح
		العدسات المحدبة, 96	الحرارة النوعية, 54
		العدسات المقعرة, 98	حفظ الطاقة, 49
		العزم, 27	
	ب		خ
		البندول, 73	خطوط الانسياب, 66
		باسكال, 63	
		برنولي, 65	د
		بويل, 61	الدفع, 34
	ش		درجة الحرارة, 54
		الشحنات, 114	دوبلر, 89
		الشغل, 42	ذ
		شارل, 62	الذرة, 114
		شدة الإضاءة, 88	ر
		شدة المجال الكهربائي, 119	معادلة رذرفورد, 191
		شبه الموصلات, 114	معيار ريليه, 110
	ف		ز
		الفائدة الميكانيكية, 44	الزاوية الحرجة, 95
		الفائدة الميكانيكية المثالية, 44	الزخم, 34
		فوق الصوتية, 85	الزمن الدوري, 74
		نموذج فيرمي, 189	
	ق		
		القانون العام للغازات, 62	

- القدرة, 43
- القدرة الكهربائية, 126, 129
- القوى داخل السوائل, 63
- قانون الغاز المثالي, 62
- ك
- الكفاءة, 44
- كمية الحرارة, 54
- ل
- اللوجة, 17, 67
- الليزر, 181
- م
- المجال الكهربائي, 118
- المجال المغناطيسي, 138
- المرآيا المحدبة, 102
- المرآيا المقعرة, 101
- المطياف, 180
- المقاومة الكهربائية, 127
- المقاومة النوعية, 128
- المقذوفات, 19
- المنشور, 96
- الموائع, 60
- محزوز الحيود, 110
- مركز الكتلة, 28
- مصادر التيار الكهربائي, 126
- ن
- النايضع, 72
- قوانين نيوتن, 14
- نصف العمر النشط, 191
- هـ
- هوك, 72
- و
- الوصلة الثنائية, 150
- وحدة الطاقة الذرية, 189
- وحدة الكتلة الذرية, 189
- ي
- تجربة يونج, 108

المصطلحات

Interference Fringes	أهداب التداخل
Semiconductors	اشباه الموصلات
X-ray	الأشعة السينية
Displacement	الإزاحة
Thermal balance	الاتزان الحراري
Angular displacement	الازاحة الزاوية
Polarization	الاستقطاب
Population inversion	الاسكان المعكوس
Nuclear Fusion	الاندماج النووي
Nuclear Fission	الانشطار النووي
Pulley	البكرة
Streamline Flow	التدفق الانسيابي
Turbulent Flow	التدفق المضطرب
Frequency	التردد
Acceleration	التسارع
Angular acceleration	التسارع الزاوي
Doping	التشويب أو التطعيم
Collision	التصادم
Elastic collision	التصادم المرن
Parallel Circuit	التوازي
Series Circuit	التوالي
Electromagnetic induction	الحث الكهرومغناطيسي
Mechanics	الحركة
Impulse	الدفع
Dynamics	الديناميكا
Atom	الذرة
Momentum	الزخم

Time Periodic	الزمن الدوري
Speed	السرعة
Angular velocity	السرعة الزاوية
Work	الشغل
Pressure	الضغط
Atmospheric pressure	الضغط الجوي
Kinetic energy	الطاقة الحركية
Kinetic energy	الطاقة الحركية
Phase	الطور
Wavelength	الطول الموجي
spectrum Line	الطيف الخطي
spectrum Continuous	الطيف المستمر
Torque	العزم
Insulators	العوازل
Mechanical advantage	الفائدة الميكانيكية
Ideal mechanical advantage	الفائدة الميكانيكية المثالية
Magnetic flux	الفيض المغناطيسي
Power	القدرة
Inertia	القصور الذاتي
Gazer	القبير
Efficiency	الكفاءة
Viscosity	اللزوجة
Laser	الليزر
Spectrometer	المطياف
Projectile	المقذوفات
Fluids	الموائع
Hydrodynamics	الموائع المتحركة
Electromagnetic Waves	الموجات الكهرومغناطيسية
Mechanical waves	الموجات الميكانيكية
InfraSound	الموجات تحت الصوتية
UltraSound	الموجات فوق الصوتية

- Longitudinal Waves الموجة الطولية
- Transverse Waves الموجة المستعرضة
- Conductors الموصلات
- Special theory of relativity النظرية النسبية الخاصة
- pn junction الوصلة الالفئائية
- Length Contraction انكماش الطول
- Grass Seeds بذور العشب
- effect Compton تأثير كمبتون
- cavity resonant External تجويف رنيني خارجي
- cavity resonant Internal تجويف رنيني داخلي
- Vortex Flow تدفق دوامي
- Lattice constant ثابت الشبكة البلورية
- Electric Dipoles ثنائي القطب الكهربائي
- Nuclear size حجم الذرة
- Single slit diffraction حيود الشق الأحادي
- Field Lines خطوط المجال
- Temperature درجة الحرارة
- Reaction رد الفعل
- Atwood machine velocity سرعة آلة آتوود
- Amplitude سعة الموجة
- Semitransparent شبه منفذة
- Elastic potential energy طاقة الوضع المرورية
- Gravitational lensing عدسة الجاذبية
- Phonon فونون
- Trough قاع
- Crest قمة
- Tube Eustachian قناة استاكوس
- Thermal energy كمية الحرارة
- Donor مانحة
- Pascal's Principle مبدأ باسكال
- Acceptor متقبلة

Diffraction grating محزوز الحيود

Transmission محولات الكهرباء

Vector Field Diagram مخطط المجال المتجهي

Center of mass مركز الكتلة

Sources of energy مصادر الطاقة

Rutherford scattering formula معادلة رذرفورد

Drag Coefficient مقاومة المائع

Radioactive Half-Life نصف العمر النشط

Electron Energies طاقة الالكترون

Nuclear Energies unit وحدة الطاقة الذرية

Atomic masses unit وحدة الكتلة الذرية

المصادر

- [1] موقع ويكيبيديا. مجاني ومفتوح المصدر.
- [2] نوبل موريس. الالكترونيات.
- [3] د. نضال الرشيدات. ديناميكا حرارية.
- [4] د. ابراهيم ناصر. النظرية النسبية.
- [5] مجلة علوم بالعربي. الثوريوم.
- [6] د. عويش حربي. أساسيات في الفيزياء العامة.
- [7] فكرة الرسم من موقع وكالة ناسا.
- [8] علي سعيد-سهام الجاسم. أسس الكيمياء النووية.
- [9] عبد الرحمن فكري و محمد العدوي. النظرية النسبية.
- [10] licene. gpl with project Gis Grass
- [11] licene. 3 creative with github in images siyavula
- [12] نخبة من الأساتذة. مبادئ الفيزياء. الدار الدولية للنشر والتوزيع, 1997.
- [13] كتيب الفيزياء الدورانية - الفصل 9. جامعة كلرادو, 2016 uccs.
- [14] Python. With Physics Computational Ayars. Eric Dr. University State California, 2013.
- [15] المشروع المفتوح لمعهد ماساتشوستس للتقنية. ocw.mit.edu.
- [16] physicshelp.ca. PhysicsEH.
- [17] موقع ذئب الانترنت. جامعة نيفادا. wolfweb.unr.edu.