

برنامج العلوم الفيزيائية للسنة الثالثة من التعليم

الثانوي العام.

شعبة الرياضيات والتقني رياضي

توزيع محتوى مادة العلوم الفيزيائية خاص بشعبي الرياضيات والتقني رياضي

المجال	الوحدة	عنوان الوحدة	الحجم الساعي
التطورات الرتيبة	1	المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي	14 سا
	2	دراسة تحولات نووية	18 سا
	3	دراسة ظواهر كهربائية	15 سا
	4	تطور تحول جملة كيميائية نحو حالة التوازن	20 سا
	5	تطور جملة ميكانيكية	25 سا
التطورات غير الرتيبة	6	مراقبة تطور جملة كيميائية	15 سا
	7	التطورات المهتزة	15 سا
	8	مفهوم الموجة	08 سا
الحجم الساعي الإجمالي			130 سا

الوحدة رقم 1: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي (6 سا. د + 4 أ.م)		
المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
1- المدة الزمنية المستغرقة لتحول كيميائي.	-إنجاز تجارب كيفية تسمح بملاحظة تحولات سريعة، بطيئة، بطيئة جدا.	- يصنف التحولات الكيميائية حسب مدتها الزمنية. - يعرف المؤكسد والمرجع. - يكتب المعادلة النصفية الموافقة لثنائية مرجع/مؤكسد. - يكتب معادلة التفاعل الكيميائي للأكسدة الإرجاعية. - يعرف زمن نصف التفاعل. - يوظف منحنيات المتابعة الزمنية لتحول كيميائي
2- المتابعة الزمنية لتحول كيميائي: - بعض طرق المتابعة: . قياس الناقلية الكهربائية. . المعايرة اللونية - النمذجة بتفاعل. - رسم البيانات $x = f(t)$ و/أو $[X] = g(t)$ - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ - مفهوم السرعة.	* إنجاز تجارب (ع.م): - متابعة تطور تحول كيميائي معين: . رسم المنحنيين $x = f(t)$ و/أو $[X] = g(t)$. - تعيين: زمن نصف التفاعل، سرعة التفاعل و السرعة الحجمية للتفاعل	- يختار و يوظف عاملا حركيا لتسريع أو إبطاء تحول كيميائي. - يفسر دور الوسيط اعتمادا على بعض المفاهيم الحركية.
3- العوامل الحركية: - تركيز المتفاعلات - درجة الحرارة - الوساطة: دور الوسيط - التفسير المجهرى لتأثير العوامل الحركية. - أهمية العوامل الحركية.	* إنجاز تجارب و/أو محاكاة (ع.م) - تجارب تبين تأثير التركيز ودرجة الحرارة على السرعة الحجمية وزمن نصف التفاعل - تجارب تسمح بمقارنة تطور تحول كيميائي بوجود وسيط ثم في غيابه.	

توجيهات:

- * نبين انطلاقا من أمثلة بسيطة لتحويلات كيميائية تامة، في مجالي الأحماض-الأسس والأكسدة-الإرجاع، بأن التحويلات الكيميائية لا تستغرق المدد الزمنية نفسها، حيث يمكن تصنيفها إلى ثلاثة أصناف: تحولات كيميائية سريعة، تحولات كيميائية بطيئة، تحولات كيميائية بطيئة جدا.
- * نقترح، في المتابعة الزمنية لتحول كيميائي، على طريقتي قياس الناقلية الكهربائية و المعايرة اللونية دون التطرق لطريقة الامتصاص اللوني (la spectrophotométrie)
- * تسمح الدراسة الحركية لتحول كيميائي بإدراج كل من مفهومي سرعة التفاعل والزمن المميز (زمن نصف التفاعل). فنعرّف سرعة التفاعل بالعلاقة $v = \frac{dx}{dt}$ و السرعة الحجمية للتفاعل بسرعة التفاعل في وحدة الحجم أي $v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ ، حيث x تقدم التفاعل و V حجم الوسط التفاعلي. كما ينبغي التمييز بين سرعة التفاعل وسرعة تشكل أو اختفاء نوع كيميائي.
- * ندرس فيما بعد، تأثير العاملين الحركيين (درجة الحرارة، التراكيز الابتدائية للمتفاعلات) على تطور جملة كيميائية. نعطي لهذا التأثير تفسيرا مجهريا، نربطه باحتمالات حدوث تصادمات فعالة بين الأفراد الكيميائية المتفاعلة.
- * أمّا فيما يخص الوساطة، نقترح على دراسة تحول كيميائي بغياب وسيط وبوجوده ونقارن بين سرعتي التحولين دون التطرق إلى آلية التفاعل مع الإشارة إلى أهمية الوساطة في الحياة اليومية.

أما الوساطة اللامتجانسة و الأنزمانية فيشار لهما عرضا بإنجاز تجارب كيفية ، بهدف تثقيفي، دون التطرق إلى الدراسة الخاصة بها. أمّا الوساطة الذاتية فلا يشار إليها.

الوحدة رقم 2: دراسة تحولات نووية (12سا. د. + 3 أ.م.)		
المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
<p>1- النشاط الإشعاعي: $\alpha, \beta^-, \beta^+, \gamma$ والإصدار - النواة: الاستقرار وعدم الاستقرار. - معادلات التفكك: (انحفاظ الشحنة الكهربائية و انحفاظ عدد النويات). - التناقص في النشاط الإشعاعي: التفسير بالاحتمال. المعادلة التفاضلية للتطور. قانون التناقص $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ثابت التفكك λ ؛ ثابت الزمن $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ؛ زمن نصف العمر $t_{1/2} = \tau \ln 2$ - البيكرال كوحدة قياس النشاط الإشعاعي A - تطبيق في مجال التأريخ والطب</p> <p>2- الانشطار النووي والاندماج النووي: - العلاقة $E = mc^2$ - النقص الكتلي وطاقة الربط النووي. - منحنى أستون - معادلة التفاعل النووي. - الحصيلة الطاقوية. - مبدأ المفاعل النووي.</p> <p>3- العالم بين منافع ومخاطر النشاط النووي</p>	<p>* (ع. م): - نشاطات توثيقية (استعمال شريط مصوّر مثلا لتجربة بكاشف جيجر ومنبع مشع) لاكتشاف ظواهر من النشاط الإشعاعي -توظيف المخطط (N,Z) من أجل توقع نوع التفكك النووي (α أو β^- أو β^+) للأنوية (استعمال برمجية إعلامية مناسبة).</p> <p>* إنجاز تجارب أو محاكاة (ع. م): - رمي النرد لمقاربة قانون التناقص</p> <p>* نشاطات توثيقية (استعمال النشاط الإشعاعي في الطب و في التأريخ،...)</p> <p>* (ع. م): - نشاطات توثيقية و/أو محاكاة حول الانشطار والاندماج النوويين. - تطبيقات حول الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي. - نشاطات توثيقية تتناول فوائد توظيف المواد المشعة في حياة الإنسان(الطب، إنتاج الطاقة الكهربائية...) وأثارها المضرّة بالإنسان وبالبيئة.</p>	<p>- يميز بين النشاطات الإشعاعية: $\alpha, \beta^-, \beta^+, \gamma$ - يوظف المنحنى (N,Z) ليكتشف مجالات استقرار وعدم استقرار الأنوية. - يطبّق قانون تناقص النشاط الإشعاعي</p> <p>- يفسّر مخططات تناقص النشاط الإشعاعي باستعمال جدول أو آلة حاسبة. - يوظف التحليل البعدي للبحث عن وحدتي λ و τ. - يحدّد مجال استقرار الأنوية في المنحنى (N,Z). - يحسب: . طاقة الكتلة . طاقة الربط - يعبّر عن الانشطار والاندماج النوويين بمعادلة. - ينجز الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي - يتعامل بصفة مسؤولة اتجاه مختلف الاستعمالات في الميدان النووي.</p>

توجيهات:

نهدف أساسا، في هذه الوحدة، إلى إبراز أن تطور عينة من الأنوية النشطة يكتسي الطابع العشوائي والتفائلي وغير القابل للمراقبة؛ ومن أجل هذا نستعمل، المحاكاة.

إن هذه الدراسة، هي الدراسة الكمية الأولى للتطور الرتيب لظاهرة فيزيائية وهي أيضا الأبسط من حيث الطابع التسلسلي للتناقص من جهة و شكل المعادلة التفاضلية التي تعبر عن الظاهرة من جهة أخرى.

وبالفعل، فالطابع العشوائي للظاهرة يستلزم أنه في كل لحظة t يكون العدد (x) للتفككات في وحدة الزمن (s) والمسمى (النشاط الإشعاعي) متناسبا مع عدد الأنوية $N(t)$ للعينة الموجودة في اللحظة t . وبالتالي نكتب:

$$x(t) = \lambda N(t) \text{ ثم نبين بعد ذلك أن انحفاظ المادة يستلزم } x(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -N'(t) \text{ من هنا تستخرج المعادلة}$$

التفاضلية $N'(t) = -\lambda N(t)$ التي تعبر عن الظاهرة.

إن مفهوم المعادلة التفاضلية ليس بالضرورة معروفا لدى التلاميذ لذا يمكن تقديمها على أنها معادلة رياضية حلها ليس قيمة عددية وإنما هو دالة بمتغير.

كما أن الدالة الأسية $y = e^x$ ليست معروفة لدى التلاميذ، وعليه تقدم على أنها دالة تعطي قيمها بالآلة الحاسبة، ويمكن رسم المنحنى البياني الممثل لها أولا ثم التأكد بالحساب من أن مشتقها هو $y' = e^x$.

لننتقل إلى الدالة $y = e^{ax}$ ومشتقها لتأكد من أنها حل للمعادلة التفاضلية $y' = ay$. وهكذا، نكون قد بينا أن الدالة $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ هي حل للمعادلة التفاضلية $N'(t) = -\lambda N(t)$ والموافقة للشروط الابتدائية.

نقيس النشاط الإشعاعي لمنبع نشط إشعاعيا بوحدة تدعى البيكريل (Becquerel) يرمز لها بالرمز Bq والتي توافق تفككا واحدا خلال الثانية.

إن تحولات الانشطار والاندماج المفتعلة تدرس لكي يميزها التلاميذ عن النشاط الإشعاعي من جهة، و من جهة ثانية لكي يلاحظوا أن نواتج الانشطار هي أيضا مشعة في أغلب الأحيان.

تسمح النشاطات التوثيقية بالوقوف عند الإنتاج المستقبلي للطاقة اعتمادا على الاندماج النووي و عند المشاكل البيأوية، لا سيما المتعلقة بالانشطار النووي.

فيما يخص الطاقة النووية المحررة من تفاعل نووي، نكتفي بحسابها في تفاعلي الانشطار والاندماج النوويين بتوظيف التغير في الكتلة أو طاقات الترابط النووي. أما حسابها في حالة النشاطات الإشعاعية

($\alpha, \beta^-, \beta^+, \gamma$)، فهو خارج البرنامج.

الوحدة رقم 3- دراسة ظواهر كهربائية (9 س.ا.د + 3 أ.م)

المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
<p>1- تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة :</p> <p>- تعريف المكثفة.</p> <p>- سعة وشحنة مكثفة: العلاقة $q = Cu$</p> <p>- التفسير المجهرى للشحن والتفريغ.</p> <p>- المعادلة التفاضلية لتطور التوتر الكهربائي u_c:</p> <p>. خلال الشحن.</p> <p>. خلال التفريغ في ناقل أومي.</p> <p>- الحل التحليلي: ثابت الزمن τ.</p> <p>- تطبيق: قياس سعة مكثفة.</p> <p>- الطاقة المخزنة في مكثفة.</p> <p>2- تطور شدة التيار الكهربائي المار في وشيعة تحريضية:</p> <p>- تعريف ذاتية وشيعة.</p> <p>- التوتر $u_b = r i + L \frac{di}{dt}$</p> <p>- المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار في ثنائي القطب خلال ظهور التيار ثم انقطاعه</p> <p>- الحل التحليلي.</p> <p>- تطبيق: قياس الذاتية L</p> <p>- الطاقة في الوشيعة.</p>	<p>* إنجاز تجارب (ع.م):</p> <p>- عرض مكثفات مختلفة وتمييزها بسعتها C</p> <p>- الدراسة التجريبية لشحن وتفريغ مكثفات، باستعمال راسم الاهتزاز المهبطي.</p> <p>- مناقشة المنحنيات $u_c = f(t)$ و $i = f(t)$ ثم استغلالها لتحديد المقدار المميز τ لثنائي القطب R, C.</p> <p>- إنجاز تجارب يُبين من خلالها تحويل الطاقة المخزنة في مكثفة.</p> <p>* إنجاز تجارب (ع.م):</p> <p>- إبراز الخاصية التحريضية للوشيعة.</p> <p>- الدراسة التجريبية لثنائي القطب R, L باستعمال راسم الاهتزاز</p> <p>- مناقشة المنحنيات $u_b = f(t)$ و $i = f(t)$ ثم استغلالها لتحديد المقدار المميز τ لثنائي القطب R, L.</p> <p>- إنجاز تجربة يبين من خلالها طاقة وشيعة.</p>	<p>- يعرف المكثفة وكيفية تمثيلها رمزياً.</p> <p>- يستعمل العلاقة $q = CU$.</p> <p>- يكتب عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة.</p> <p>- يعرف عبارة ثابت الزمن ويحدد وحدته بالتحليل البعدي.</p> <p>- يوظف وثيقة لدراسة تأثير كل من R و C على شحن وتفريغ مكثفة ولتحديد ثابت الزمن.</p> <p>- يعرف عبارة الطاقة الكهربائية المخزنة في مكثفة.</p> <p>- يؤسس المعادلات التفاضلية لتطور بعض المقادير الكهربائية في ثنائي القطب R, L و R, C.</p> <p>- يعرف الوشيعة</p> <p>- يوظف وثيقة لدراسة تأثير كل من R و L عند ظهور أو اختفاء التيار الكهربائي في وشيعة ولتحديد ثابت الزمن.</p> <p>- يعرف عبارة الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة بوشيعة.</p> <p>- يقيس الثوابت: L, τ, C</p>

توجيهات: نعرّف المكثفة على أنها مكونة من لبوسين ناقلين بينهما مادة عازلة، دون التطرق للجانب التكنولوجي لصناعتها مع الإشارة للمكثفات الكهروكيميائية (مستقطبة).

نكتفي بتبرير العلاقة $q = Cu$ كفيًا، بواسطة دارة تحتوي على عمود كهربائي وجهاز غلفاني ومكثفة، مع إمكانية التصديق بالحاكاة.

ننجز تجارب تبرز سلوك المكثفة، أثناء شحنها تحت توتر مستمر و أثناء تفريغها في مقاومة، بهدف نمذجة الظاهرة بواسطة معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها دالة أسية.

عند التفسير المجهرى لشحن وتفريغ مكثفة، نوظف مفهوم التوازن الكهربائي في ناقل وذلك بالطريقة التالية:

- تكون المكثفة غير مشحونة ($Q = 0$) و أثناء الشحن، يحدث المولد اختلالاً في التوازن الكهربائي وذلك بإخضاع الإلكترونات للتحرك من صفيحة إلى أخرى، ويساهم في هذه الحركة وجود شحنات كهربائية مختلفة الإشارة على مستوى الصفيحتين. $Q > 0$ و $Q' < 0$. أما أثناء التفريغ، يزول تدريجياً الاختلال في التوازن الكهربائي إلى غاية الوصول إلى التوازن الابتدائي ($Q = 0$).

و عليه، فإن مفهومي كل من الحقل الكهربائي وفرق الكمون خارجان عن البرنامج. نذكر بالخاصية التحريضية للوشيجة بدراسة تأثيرها على تيار كهربائي مثلي، وملاحظة التوتر بين طرفيها بواسطة راسم الاهتزاز للتأكيد على أهمية العلاقة: $u_b = r i + L \frac{di}{dt}$.
نوظف نموذج الطاقة عند التطرق للطاقة المخزنة في المكثفة والطاقة المتولدة في وشيجة يجتازها تيار كهربائي. يستعمل التيار المتناوب في إظهار الخاصية التحريضية للوشيجة فقط.

الوحدة رقم 4: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن. (12 سا.د. + 4 أ.م.)		
المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
<p>1- pH محلول مائي: - تعريفه - قياسه</p> <p>2- تأثير حمض وأساس على الماء: - حمض قوي وحمض ضعيف. - أساس قوي وأساس ضعيف. - مثال من الحياة اليومية.</p> <p>3- تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن: - مقارنة التقدم النهائي والتقدم الأعظمي: * مفهوم حالة التوازن. * كتابة معادلة التفاعل المنمذج لتحول كيميائي. * كسر (Quotient) التفاعل Q_r. * ثابت التوازن K * تأثير الحالة الابتدائية للجملة على حالة التوازن.</p> <p>4- التحولات (حمض-أساس) - التشرذ الذاتي للماء. - سلم الـ pH - ثابتا الحموضة K_a و pK_a - مجال التغلب: . تطبيق على الكواشف الملونة: مجال التغير اللوني. - المعايرة الـ pH مترية.</p>	<p>- استعمال pH متر وورق الـ pH لقياس pH المحاليل الحمضية والأساسية والمعتدلة المستعملة في الحياة اليومية. - إجراء تجارب تسمح بمقارنة الناقلية الكهربائية و/أو الـ pH لـ : * محلول حمض الكلور الماء ومحلول حمض الإيثانويك لهما نفس التركيز. * محلول الصود ومحلول أميني لهما نفس التركيز (ع.م.) - إنجاز تجارب: .تأثير حمض الإيثانويك على الماء، قياس pH المحلول. .تأثير محلول حمض كلور الماء على محلول إيثانوات الصوديوم. * تأثير شوارد Fe^{2+} على شوارد Ag^+ . الأسترة (ع م) إنجاز تجارب تبيّن تأثير طبيعة المتفاعلات و تراكيزها على حالة التوازن الكيميائي.</p> <p>- إنجاز تجربة تسمح بمعايرة محلول من الحياة اليومية (الخل مثلا) (ع م).</p>	<p>- يقيس pH محلول لتعيين طبيعته (حمضي أو أساسي أو معتدل). - يميز بين الأحماض الضعيفة و القوية وبين الأسس الضعيفة والقوية. - يكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لتحول كيميائي بين حمض وأساس. - يحسب التقدم الأعظمي لتفاعل كيميائي بدلالة تركيز و pH محلول حمضي. - يستعمل التقدم النهائي ويقارنه مع التقدم الأعظمي ليبرر التوازن الكيميائي. - يستعمل ثابتي الحموضة K_a و pK_a لمقارنة بعض الثنائيات أساس/حمض. - يوظف المنحنى $pH=f(V)$ لتعيين تركيز محلول.</p>

توجيهات:

* هل يكون التحول الكيميائي دوماً تاماً؟

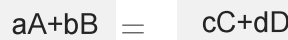
لمقارنة تأثير الحمض القوي والحمض الضعيف في الماء، نستعمل طريقتي قياس الـ pH والناقلية بينما نكتفي باستعمال قياس الـ pH في دراسة تأثير الأساس القوي والأساس الضعيف في الماء لأن مفهوم ثابت تشرّد الماء لم يرد بعد (يأتي في الفقرة الموالية).

نبين بعد تعريف pH المحاليل وتعيين طرق قياسه، أنه من أجل تحول كيميائي معطى (مثال: تفاعل حمض أو أساس مع الماء)، يكون التقدم النهائي X_f مختلفاً عن التقدم الأعظمي X_{max} . نميز حينئذ التفاعل بنسبة التقدم النهائي $\tau_f = X_f/X_{max}$:

- إذا كانت: $X_{max} = X_f$ ($X_f \approx 99\% X_{max}$)، يعتبر التحول الكيميائي تاماً.

- إذا كانت: $X_f < X_{max}$ ، يعتبر التحول جزئياً (غير تام) وتبلغ الجملة حالة توازن. يفسر التوازن بحدوث تفاعلين كيميائيين متزامنين ومتعاكسين.

نكتب المعادلة بالشكل:



تعرف حالة الجملة الكيميائية خلال تطورها في اللحظة t بالمقدار $Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$ المسمى كسر التفاعل.

ونسمي ثابت التوازن (الذي يرمز له بـ K) القيمة التي يأخذها Q_r عند بلوغ الجملة حالة التوازن. إن الثابت K المرفق لتفاعل معين، يميز حالة الجملة عند التوازن، ولا يتعلق إلا بدرجة الحرارة، أما الكسر Q_r ، فهو مقدار يميز حالة جملة كيميائية في لحظة ما، بحيث:

- إذا كان: $Q_r = K$ ، تكون الجملة في حالة توازن.

- إذا كان $Q_r \neq K$ ، فإن الجملة في تطور نحو حالة التوازن وهذا يعني أن Q_r يؤول إلى K.

نشير إلى أن التوازن يبقى حركياً، على المستوى المجهرى (أي سرعة اختفاء متفاعل في جهة تساوي سرعة ظهوره في الجهة المعاكسة)، في حين أن حالة الجملة على المستوى العياني لا تتطور. لمقارنة الثنائيات حمض-أساس التي يرمز لها بـ أساس/حمض، نعرف ثابت الحموضة K_a للثنائية أساس/حمض وكذلك الـ pKa الموافق ونستعملهما لدراسة مجالات تغلب كل من الشكلين الحمضي والأساسي للثنائية. نأخذ كتطبيق مثال ثنائية أساس/حمض في عائلة الكواشف الملونة (للدلالة على التغير اللوني).

في حالة المعايرة الـ pH مترية، نستغل من جديد ظاهرة التكافؤ المدروسة في السنة الثانية ونتحقق من استعمال الكاشف الملون المناسب وذلك في حالة غياب مقياس الـ pH. كما نوظف المنحنى $pH = f(V)$ ، في حالة الأحماض أو الأسس الضعيفة لمناقشة الصفة الغالبة (حمضية أو أساسية) خلال عملية المعايرة.

ملاحظة:

في غياب اتفاق عالمي على مستوى IUPAC، لكتابة معادلة التفاعل الكيميائي، نستعمل الرمز = الذي يعبر عن انحفاظ الشحنة والذرات ولا يعطي اتجاه تطور الجملة الكيميائية.

الوحدة رقم 5- تطور جملة ميكانيكية (15 سا. د + 5 أ. م)

المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
<p>1- مقارنة تاريخية لميكانيك نيوتن:</p> <ul style="list-style-type: none"> - عمل غاليلي في الميكانيك. - وصف كبلر لحركة الكواكب. - القانون الثالث لكبلر. - القوانين الثلاث لنيوتن ومفهوم التسارع (نموذج النقطة المادية). <p>2- شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي.</p> <p>3- دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء:</p> <ul style="list-style-type: none"> - الاحتكاك في الهواء - دافعة أرخميدس في الهواء - المعادلة التفاضلية للحركة - نموذج السقوط الحر - أثر الشروط الابتدائية على المعادلة التفاضلية: الحل التحليلي. <p>4- تطبيقات:</p> <ul style="list-style-type: none"> - حركة قذيفة. - حركة مركز عطالة جسم صلب خاضع لعدة قوى (أمثلة بسيطة). <p>5- حدود ميكانيك نيوتن:</p> <ul style="list-style-type: none"> - الانفتاح على العالمين الكمي والنسبي. - العلاقة $E = hv$ لتكميم الطاقة. - تطبيق على الأطياف 	<p>* نشاط توثيقي يتناول: تاريخ ميكانيك نيوتن.</p> <p>* إنجاز محاكاة (ع.م):</p> <ul style="list-style-type: none"> - دراسة حركة الكواكب و الأقمار باستعمال برنامج مناسب <p>* إنجاز تجارب و/أو محاكاة (ع.م):</p> <ul style="list-style-type: none"> - دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء ومعالجتها ببرنامج مناسب <p>* إنجاز تجارب و/أو محاكاة (ع.م):</p> <ul style="list-style-type: none"> - حركة القذيفة (تأثير كل من زاوية الميل وسرعة القذف). <p>* إنجاز تجارب و/أو محاكاة (ع.م):</p> <ul style="list-style-type: none"> - حركة مركز عطالة جسم صلب على مستويين مائل وغير مائل) <p>* نشاط توثيقي (ع.م): يتناول:</p> <ul style="list-style-type: none"> - مقارنة حركة الكواكب بالحركة في الذرات (مسألة الأطياف). - نسبة الزمن (عجز ميكانيك نيوتن لشرح الأنية في الأفعال المتبادلة). <p>(ع.م):</p> <p>* محاكاة على الأطياف:</p>	<p>- يرسم شعاع التسارع في أوضاع مختلفة لمسار حركة كيفية.</p> <p>- يفسر بواسطة القانون الثاني لنيوتن حركة فذائف وحركة الكواكب والأقمار الاصطناعية.</p> <p>- يفسر حركة جسم صلب خاضع لعدة قوى بواسطة الطاقة أو القانون الثاني لنيوتن.</p> <p>- يعرف مميزات دافعة أرخميدس.</p> <p>- يفسر بواسطة معادلة تفاضلية حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء .</p> <p>- يعرف حدود ميكانيك نيوتن.</p> <p>- يعرف علاقة بلانك: $E = h\nu$</p> <p>- يفسر أطياف الخطوط.</p>

توجيهات:

* إن تحديد تطور جملة ميكانيكية مكونة من جسم صلب تبدأ بدراسة حركة نقطة متميزة منه تدعى مركز العطالة.

إن نيوتن هو الذي وضع المبادئ الأساسية الثلاث التي تسمح بهذه الدراسة، اثنان منها قد نُصَّ عليهما في برنامج السنة أولى ثانوي، وهما مبدأ العطالة و مبدأ الفعلين المتبادلين. مقارنة أولى للمبدأ الثاني تمثلت في التحقق من أنه، في الحالة التي لا تكون فيها حركة مركز عطالة جسم صلب حركة مستقيمة منتظمة، فإنه يكون خاضعا لقوة ممثلة بشعاع \vec{F} له نفس خصائص تغير شعاع سرعته $\Delta\vec{v}$ ، المحسوب من أجل مجال زمني قصير. يجب علينا الآن مواصلة الدراسة لإعطاء الصيغة النهائية للمبدأ تحت الشكل: $\vec{F} = m\vec{a}_G$.

نعمد في هذا على مقارنة تاريخية مبنية على دراسة بعض النصوص القصيرة المبرزة لـ:

- عمل غاليلي حول سقوط الأجسام وحركة قذيفة.

- وصف كبلر لحركة الكواكب وخاصة قانونه الثالث المعبر عنه في حالة المسار الدائري: $\frac{T^2}{R^3} = K$

حيث K ثابت متعلق بالكوكب (أو النجم) المركزي أي الشمس أو الأرض.

نذكر أيضا كيف وحد نيوتن المقاربتين بوضع المبدأ الأساسي للتشريك (القانون الثاني لنيوتن) في الشكل: $\vec{F} = m\vec{a}_G$ حيث \vec{a} يمثل شعاع تسارع مركز عطالة الجسم الصلب والذي يساوي $\vec{v}'(t)$ المعبر، في كل لحظة، عن تغير حركة هذه النقطة.

* أول حركة تتم دراستها هي الحركة، المعتبرة دائرية منتظمة، لمركز كوكب أو قمر أرضي. نبحت، في

البداية، عن خصائص شعاع التسارع. نبين من خلال تسجيل لحركة دائرية منتظمة، أن الشعاع $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ هو

دوما مركزي وأن، من أجل Δt يؤول إلى الصفر، تأخذ قيمة الشعاع حدا غير معدوم، مساوية لـ $\frac{v^2}{R}$: إنه

شعاع التسارع \vec{a} لحركة دائرية منتظمة. بأخذ بعين الاعتبار القانون الثالث لكبلر، نبين حينئذ، أن تطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة كوكب أو قمر أرضي، يقود إلى أن قيمة القوة المتسببة في الحركة، تعطى بالعلاقة: $F = 4\pi^2 m / KR^2$ حيث m هي كتلة الكوكب أو القمر الأرضي.

علما أن الثابت K يتعلق بالكوكب (أو النجم) المركزي، نلاحظ، أنه بوضع $Gm' / K = 4\pi^2$ حيث m' كتلة النجم أو الكوكب المركزي، نحصل على العلاقة $F = Gmm' / R^2$ والتي تمثل عبارة قانون الجذب العام حيث تمثل G ثابتا كونيا.

* نتناول دراسة حركة السقوط في الهواء بالطريقة التالية:

- ملاحظة سقوط ورقة في الهواء يؤدي إلى التساؤل عن تأثير طبيعة الحركة بسبب وجود الاحتكاكات مما يجعلنا نبحت أولا عن شروط الحصول على حركة جسم صلب في الهواء تكون شاقولية نحو الأسفل.

نسجل بعد ذلك تجربيا تطور سرعة الجسم بدلالة الزمن. إن شكل المنحني البياني الممثل لـ $v(t)$ يوحي بافتراض وجود احتكاكات سببها الهواء ومتعلقة بالسرعة. وعليه نحاول كتابة المعادلة التفاضلية لسرعة الحركة باستعمال القانون الثاني لنيوتن. إن شكل المنحني التجريبي المتحصل عليه يمكن (بالمقارنة مع ما

درس في الوجدتين السابقتين) نمذجة الاحتكاكات بقوة وحيدة $\vec{f}(v)$ تزداد قيمتها بزيادة السرعة. نُكتب حينئذ المعادلة التفاضلية على الشكل $mv' = mg - \pi - f(v)$ (حيث π هي دافعة أرخميدس) و لا نبحت على حلها. نتجّه بعد ذلك للبحث عن الشروط الواجب توفيرها حتى نبسط المعادلة و نكتبها على الشكل $mv' = mg$ و نصل إلى النموذج المسمى بالسقوط الحر. إن حل هذه المعادلة التفاضلية المبسطة يؤدي إلى المعادلات الزمنية لحركة السقوط الحر.

ندرس، بعدها حركة قذيفة (باتباع نفس الاستدلال حول احتكاكات الهواء و دافعة أرخميدس). نحدّد، من

خلال تسجيل لحركة مركز عطالتها، خصائص شعاع التسارع:

. نبين أن شعاع التسارع يبقى شاقوليا نحو الأسفل وقيمته ثابتة.

. القوة المتسببة في هذه الحركة هي قوة الثقالة $\vec{F}_{T/S} = m\vec{g}$.

إن تطبيق القانون الثاني لنيوتن يسمح بكتابة $\vec{a}_G = \vec{g}$ ، بإسقاط هذه العلاقة على محور شاقولي، نحصل على المعادلتين التفاضليتين: $x'' = 0$ و $y'' = -g$.
إن حل هاتين المعادلتين يؤدي إلى المعادلات الزمنية للحركة ومنه لمعادلة مسار القذيفة.
مع الملاحظة أنه من غير الضروري الاستفاضة في موضوع القذيفة والاكنتفاء بتحديد القوة الفاعلة و قوانين الحركة.

* يهدف الانفتاح على العالم الكمي إلى إبراز حدود ميكانيك نيوتن.

من أجل هذا، يمكن الاكتفاء، بتناول أمثلة بسيطة لطرح التساؤلين التاليين:

- لماذا تشغل الذرات المتماثلة التركيب الحجم نفسه ؟ إذا كانت ميكانيك نيوتن تنطبق على ذرة الهيدروجين مثلا، ليس هناك ما يتعارض لأن يكون لذرات الهيدروجين حجوما مختلفة، وأن الإلكترون المنجذب من طرف النواة بقوة متناسبة مع $\frac{1}{R^2}$ يستطيع أن يتموقع على مسافات مختلفة بالنسبة للنواة، في حين يتأسس علم البلورات (cristallographie) على تماثل حجوم ذرات العنصر الواحد وكذا تماثل حجوم شواردها ؛ إن هذه الخاصية للمادة لا يمكن أن تُفسر إلا في إطار نظرية جديدة تتلاءم والبنية الجزيئية: إنها نظرية الكم التي تفترض عدم استمرارية أبعاد الأجسام المجهرية. فنغتنم الفرصة لتوظيف العلاقة $E = h\nu$ المكتملة للطاقة لتفسير أطيف الخطوط لبعض الذرات (الهيدروجين، الصوديوم...) ثم تناول تطبيق حول التحليل الطيفي في الفيزياء الفلكية.

- متى يمكن القول عن حادثين أنهما متزامنين؟

إن ميكانيك نيوتن تفترض أن زمن ملاحظة الظاهرة يوافق زمن حدوثها، هذا يفرض بأن المعلومة تنتقل أنيا من التركيبة المدروسة إلى الملاحظ، بينما نعلم بأنها تنتقل بسرعة انتشار الضوء وهذا يفند صلاحية ميكانيك نيوتن لدراسة الحركات ذات السرعة القريبة من سرعة انتشار الضوء وهو الحال في الفيزياء الفلكية تحديدا؛ إن نظرية النسبية هي الأكثر ملاءمة للدراسة في هذا الميدان.
نكتفي في هذا المستوى بالإشارة لنظريتي (الكم و النسبية)، دون التوسع، فنقتصر على ما يمكن أن يفهمه التلاميذ.

الوحدة 6: مراقبة تطور جملة كيميائية (9 سا + 3 أ.م.)

المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
<p>1- التطور التلقائي لجملة كيميائية</p> <p>- جهة التطور التلقائي لجملة كيميائية: كسر التفاعل كمعيار لتعيين جهة التطور.</p> <p>2- تطبيق على الأعمدة:</p> <p>- تعريفها وتمثيلها التخطيطي.</p> <p>- الانتقال التلقائي للإلكتروليتات.</p> <p>- قطبية المسربين</p> <p>- القوة المحركة الكهربائية لعمود</p> <p>- كمية الكهرباء المنتجة، مدة الصلاحية.</p> <p>- التفسير الطاقوي</p> <p>- الأهمية الصناعية</p> <p>3- مراقبة تحول كيميائي: مثال الأسترة</p> <p>- تعريف وتسمية</p> <p>- مراقبة السرعة</p> <p>- مراقبة المردود.</p> <p>- أهمية الاسترات في الحياة اليومية</p>	<p>*إنجاز تجربة (ع.م.0):</p> <p>- دراسة تأثير محلول حمض الإيثانويك على محلول إيتانوات الصوديوم في حالة خلأط مختلفة التراكيز: قياس pH المحلول من أجل استنتاج الجهة التلقائية للتطور</p> <p>*إنجاز تجربة (ع.م.0):</p> <p>- دراسة عمود دانيال</p> <p>- قياس القوة المحركة الكهربائية للعمود.</p> <p>- إنجاز الحصلة الطاقوية في العمود.</p> <p>*إنجاز تجربة و/أو محاكاة (ع.م.0):</p> <p>دراسة التحول الحادث للجملة (حمض الإيثانويك - الأيتانول)</p> <p>- رسم البيان $n_{ester}=f(t)$ ومناقشته</p> <p>- تأثير العوامل:</p> <p>.مزيج ابتدائي غير متساوي المولات، درجة الحرارة، الوسيط، نزع أحد النواتج (التصبن)، استعمال كلور الألكانويل(كلور الأسيل) بدل حمض الإيثانويك.</p>	<p>- يتوقع جهة التطور التلقائي لجملة كيميائية.</p> <p>- يرسم مخطط عمود يحدّد جهة انتقال حاملات الشحن في عمود.</p> <p>- يفسّر اشتغال عمود على أساس الانتقال الإلكتروني.</p> <p>- يقدّم حصلة طاقوية عند اشتغال عمود.</p> <p>- يسيّر العوامل التي تمكّنه من مراقبة تحول كيميائي.</p>

توجيهات:

- لقد تم تناول مفهومي كسر التفاعل وثابت التوازن في الوحدة 4 من الظواهر الرتبئية، وتتاح هنا الفرصة لتوظيفهما في توقع جهة تطور جملة كيميائية.
- نوظف هذين المفهومين لتبرير الجهة التلقائية للتحول الكيميائي الذي يحدث في العمود. فنقف في الدراسة عند النقاط التالية: قطبي العمود، التفسير الإلكتروني والطاقوي، كمية الكهرباء نشير إلى الأهمية الاقتصادية والصناعية للأعمدة وبالأعتماد على أمثلة بسيطة من الكيمياء العضوية (أسترة-إماهة)، نوظف مفهوم التوازن الكيميائي، لنبين كيفية مراقبة تطور جملة كيميائية:
- مراقبة سرعة التفاعل: تأثير درجة الحرارة والوسيط.
 - مراقبة المردود: استعمال مزيج غير متساوي المولات، حذف أحد النواتج خلال التطور (التصبن) أو استعمال كلور الحمض.
 - نستعمل مفهوم كسر التفاعل لتوقع جهة تطور الجملة الكيميائية أو إزاحة التوازن الكيميائي.
 - في الحالات التي لا يمكن إجراء التجارب، نلجأ إلى المحاكاة.
 - نشير في الأخير إلى أهمية الاسترات في الحياة اليومية (الصناعات الغذائية والعطرية...).

الوحدة 7: التطورات المهتزة (9 س.د + 3 أ.م.)

المحتوى المفاهيمي	أمثلة عن النشاطات	مؤشرات الكفاءة
<p>1- الاهتزازات الحرة لجملة ميكانيكية</p> <p>- دراسة بعض الجمل: . النواس المرن. . النواس الثقلي. . مفهوما الدور وشبه الدور. . المعادلات التفاضلية</p> <p>- تغذية الاهتزازات بتعويض التخماد: . المعادلة التفاضلية لهزاز مغذى: الحل من الشكل: $x(t) = X \cos(2\pi \frac{t}{T_0} + \varphi)$. عبارة دور الهزاز المغذى.</p> <p>2- الاهتزازات الحرة لجملة كهربائية</p> <p>- تفريغ مكثفة في وشيعة (الدارة R,L,C) . المعادلة التفاضلية. . الحل في حالة إهمال التخماد.</p> <p>- تغذية الاهتزازات بتعويض التخماد . المعادلة التفاضلية لهزاز مغذى: الحل من الشكل: $q(t) = Q \cos(2\pi \frac{t}{T_0} + \varphi)$. عبارة دور الهزاز المغذى.</p> <p>3- الاهتزازات القسرية</p> <p>- الاهتزازات القسرية لنواس بسيط ولنواس مرن: . حالة التجاوب.</p> <p>- الاهتزازات القسرية في دارة R,L,C في حالة توتر جيبي: . حالة التجاوب. . الشريط النافذ وعامل الجودة</p> <p>4- التطابق: ميكانيك-كهرباء</p> <p>- التطابق بين المقادير الكهربائية والميكانيكية.</p>	<p>* إنجاز تجارب (ع م): - اهتزازات جسم صلب مثبت بنابض. - اهتزازات نواس ثقلي ونواس بسيط.</p> <p>* انجاز تجارب و/أو محاكاة لدراسة كمية لحالة التخماد (النواس الثقلي و النواس المرن).</p> <p>* دراسة تفريغ مكثفة في وشيعة (في الأنظمة الثلاثة:الدوري،شبه الدوري، اللادوري).</p> <p>* انجاز تجارب أو محاكاة (ع.م.): - اهتزاز ميكانيكي قسري (نواس مرن). - دراسة تأثير R, L, C على ممانعة الدارة Z و رسم المنحنى $Z = f(\omega)$ مع مناقشته.</p> <p>* تعيين المطابق الميكانيكي انطلاقا من مخطط كهربائي</p>	<p>* يميز بين أنماط الاهتزاز الحر (غير المتخامد، المتخامد، المغذى).</p> <p>* يفسر الاهتزازات الحرة بواسطة المعادلة التفاضلية الموافقة.</p> <p>* يكتب المعادلة التفاضلية لتفريغ مكثفة في وشيعة.</p> <p>- يميّز بين الاهتزازات المغذاة و الاهتزازات القسرية.</p> <p>يوظف التطابق بين الاهتزازات الميكانيكية والاهتزازات الكهربائية لحل بعض الإشكاليات</p>

توجيهات:

* نواصل في هذه الوحدة من البرنامج، دراسة التطورات الزمنية لكن حول ظواهر ميكانيكية وكهربائية دورية (الظواهر الاهتزازية). إن تقديم مختلف الجمل الميكانيكية والجمل الكهربائية تكون بطريقة تجريبية حيث تعطى الأولوية للجانبين الوصفي والكيفي.

كما يتعين التمييز بين الاهتزاز الحر (المتخامد وغير المتخامد) والاهتزاز الحر المغذى. نقول عن جملة أنها تهتز باهتزازات حرة، إذا كان تواتر اهتزازاتها هو التواتر الذاتي لها حتى وإن كانت مغذاة. -إن الهزازات غير الخاملة هي نماذج نظرية، يجب مواجهتها مع الهزازات الحقيقية المدروسة. نكتفي في الصياغة الرياضية على الاهتزازات الحرة غير الخاملة أو المغذاة. نستعمل كلا من القانون الثاني لنيوتن و مبدأ انحفاظ الطاقة لكتابة المعادلة التفاضلية للحركة الاهتزازية غير الخاملة والتي هي من الشكل:

$$x'' + Kx = 0 \text{ ذات الحل: } x = X \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \varphi\right)$$

* سيمثل النواس الثقلي جملة حقيقية تسمح لنا بالوصول إلى نموذج النواس البسيط. تتم معاينة الخمود بصفة تجريبية، ولا نتطرق إلى أي عبارة لقوة الاحتكاك. نعرف شبه الدور بصفة تجريبية انطلاقاً من تسجيلات لحركة نواسات، من أجل عدة ساعات ابتدائية ونتحقق من قانون توافقت الاهتزازات في حالة ساعات صغيرة.

- نؤسس لعبارة الدور الذاتي لنموذج النواس البسيط: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ انطلاقاً من المعادلة التفاضلية لحركة النواس البسيط و نتحقق من تجانس العبارة مع الزمن بالتحليل البعدي.

* نبيّن تجريبياً أن في حالة التخماد الضعيف، شبه دور اهتزازات نواس بسيط يساوي عملياً لدوره الذاتي. في حالة الجملة نابض-جسم صلب، تؤسس المعادلة التفاضلية للحركة من أجل نابض يحقق العلاقة $F = kx$. * نبيّن تجريبياً أن تفرغ مكثفة (مشحونة مسبقاً) في وشيعة من دارة R, L, C يمكن أن تؤدي إلى ظهور اهتزازات التوتر الكهربائي $u_c(t)$ بين طرفي المكثفة. نفسر ذلك بالحالات الثلاث التالية:

- الحالة 1: $R = 0$. النظام دوري: الاهتزازات جيبية وحررة وغير متخامدة، ذات دور ذاتي $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.
- الحالة 2: R صغيرة.
- النظام شبه دوري: الاهتزازات حرة و متخامدة ذات شبه دور T . وإذا كان R صغيرة جداً فإن $T \approx T_0$.
- الحالة 3: R كبيرة.

النظام الحرج: عندما نزيد من قيمة R ، إلى أن تبلغ قيمة R_c ، نقول عن النظام أنه حرج.

النظام الا دوري: إذا كانت $R > R_c$ ، نقول عن النظام أنه لا دوري.

إن تخامد الاهتزازات في الدارة R, L, C على التسلسل راجع لتحويل الطاقة بفعل جول.

يمكن تغذية الاهتزازات، أي الحصول على سعة اهتزازات ثابتة، باستعمال تركيب مناسب (استعمال المضخم A.O. مثلاً)، يسمح بتعويض مستمر للطاقة المحولة حرارياً، فخلال الاهتزازات المغذاة: يتم تحويل للطاقة بصفة دائمة بين الوشيعة والمكثفة كما يعوض الضياع في الطاقة بفعل جول، بصفة كاملة، بواسطة التركيب المغذي. فتبقى الطاقة الكلية للدارة ثابتة.

* نتطرق للاهتزازات القسرية في الجمل الميكانيكية والكهربائية لنبيين بأن حالة التجاوب تتحقق في النوعين من الجمل ونستغل الفرصة لتوظيف مسألة التطابق بين الميكانيك والكهرباء دون التفصيل في ممانعة الدارة RLC (عبارة الممانعة خارج البرنامج).

- نقول عن اهتزاز بأنه قسري إذا كان دور اهتزازات الجملة المجاوبة هو نفسه دور اهتزازات المحرّض ، وفي الحالة الخاصة التي يكون فيها تواتر المحرّض مساوياً للتواتر الذاتي للجملة المجاوبة يحدث التجاوب . نوظف مفهوم الممانعة $Z = U / I$ المدروس في السنة الثانية دون التطرق إلى علاقة Z بدلالة R, L, C, ω .

- نقدم حالة التجاوب الميكانيكي بطريقة تجريبية كيفية أو بمحاكاة، أما التجاوب الكهربائي فيعالج تجريبياً للوصول إلى مفهومي الشريط النافذ وعامل الجودة. كما نتطرق إلى حالة التجاوب الحاد

وخطورته على الجملة المهترزة (ميكانيكية أو كهربائية). وأخيرا، نوظف التطابق ميكانيك-كهرباء لإيجاد المطابقات الكهربائية للمقادير الميكانيكية والتركيز على التماثل بينهما.

الوحدة 8: مفهوم الموجة (4 سا د. + 2 أ.م.)		
مؤشرات الكفاءة	أمثلة عن النشاطات	المحتوى المفاهيمي
<p>- يعرف بعض خواص الأمواج ويميزها عن خواص الجسيمات.</p> <p>- يوظف العلاقة بين التأخر الزمني والمسافة المقطوعة.</p> <p>- يعرف العلاقة $\lambda = vT$</p> <p>- يعرف أن الانعراج ميزة للأمواج</p> <p>- يوظف الأمواج في الحياة اليومية.</p>	<p>* إنجاز تجارب ومحاكاة (ع. م):</p> <p>- انتشار اضطراب معزول:</p> <p>. على طول حبل، على طول نابض طويل</p> <p>على سطح سائل ساكن.</p> <p>. قياس سرعة الانتشار في أوساط مختلفة.</p> <p>- تحليل انتشار اضطراب باستعمال التصوير الفوتوغرافي.</p> <p>- حول ظواهر التراكب و الانعكاس و الانعراج.</p> <p>* نشاط توثيقي يتناول تطبيقات الأمواج في الحياة اليومية (الإرسال والاستقبال، التحليل الطيفي، ...).</p>	<p>1- انتشار اضطراب:</p> <p>.انتشار اضطراب عرضي</p> <p>.انتشار اضطراب طولي</p> <p>- مفهوم سرعة الانتشار.</p> <p>- مفهوم الموجة: الفرق بين حركة انتشار موجة و حركة جسم صلب.</p> <p>-ظواهر التراكب، الانعكاس، الانعراج في الأمواج.</p> <p>2- أهمية الأمواج:</p>

توجيهات:

* نتناول في هذه الوحدة مقارنة كيفية ونصف كمية لبناء نموذج أولي للموجة اعتمادا على بعض خصائصها الأساسية، وفقا للتسلسل التالي:

* نشرع في البداية في إنجاز تجارب كيفية بواسطة نوابض طويلة (3m-5m) لإبراز بعض خواص الأمواج الميكانيكية (الانتشار، النقل، الانعكاس، التراكب، الانعراج، التبدد). و يمكننا التوسع أكثر تجريبيا حول نفس الظواهر باستعمال أوساط أخرى للانتشار (الحبل، السطح الحر لسائل) وبتوظيف المحاكاة.

نستغل هذه التجارب لقياس سرعة الانتشار والتميز بين انتشار موجة و حركة جسم صلب. في الأخير، يقدم عرضا بمشاركة التلاميذ حول ارتباط الأمواج بعدد كبير من الميادين في حياة الإنسان: الزلازل، الاتصالات، الاستشعار عن بعد، الفحص الطبي...

كما ينبغي الوقوف بوضوح و بدقة عند النقاط التالية:

- الوسط المبدد هو الوسط الذي تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بتواترها.

- الانعراج هو تغيير لمنحى انتشار الموجة بحيث تعرج الموجة إذا لقيت فتحة أو حاجزا أبعد أصغر أو من رتبة مقدار طول الموجة. كلما كانت أبعاد الفتحة أو الحاجز أصغر، كلما كان الانعراج ملحوظا.

يكون للموجة المنعرجة التواتر وسرعة الانتشار نفسها إذا لم يتغير وسط الانتشار. إن الانعراج خاصية عند الأمواج.

- طول الموجة يتعلق بوسط الانتشار لأن سرعة الانتشار مرتبطة بهذا الوسط. لكن تواتر (وبالتالي دور) الموجة مستقل عن وسط الانتشار.