مفردات المقرر ١٠٢ فيز

جامعة الملك سعود
كلية العلوم- قسم الفيزياء
والفلك

<u>عدد الساعات المعتمدة</u>

- نظري: ٣ ساعات
- عملي: ساعة

<u>المراجع</u>

الفيزياء العامة للجامعات تأليف: د. خضر الشيباني و د. أسامة العاني

<u>التقييم</u>

اختبارات شهرية	٢٥ درجة
المعمل	٢٥ درجة
الإختبار النهائي	٥٠ درجة
المجموع	١٠٠ درجة

أهداف المقرر

الباب الأول: الميكانيكا

الوحدة	الأهداف
الوحدة الأولى: الوحدات و المتجهات	• التعرف على الكميات المتجهة والكميات القياسية لكي يتم استخدامها في وصف الكميات الفيزيائية. • تحليل الكميات المتجهة مثل القوى والإزاحة الى المركبات الأساسية. • إيجاد مجموع (محصلة) متجهات مثل الإزاحة والقوة مؤثرة على نقطة ما بطريقة الرسم و تحليل المركبات. • إيجاد ناتج ضرب المتجهات القياسي و الإتجاهي.
الوحدة الثانية: الحركة في بعد واحد وبعدين (القسم الأول من الديناميكا – الكينماتيكا)	• وصف حركة الأجسام الصلبة باستخدام الكميات الفيزيائية مثل الازاحة والزمن والسرعة والتسارع. • استنتاج قوانين الحركة في بعد واحد. • تطبيق قوانين الحركة في بعد واحد على حركة السقوط الحر. • استنتاج قوانين الحركة في بعدين. • استخدام قوانين الحركة في بعدين لوصف حركة المقذوفات.

الوحدة الثالثة: قوانين نيوتن للحركة (القسم الثاني من (الديناميكا – الكينيتكا)	• ربط حركة الأجسام والكميات المتعلقة بها من ازاحة وسرعة وتسارع بالقوى المسببة لها. • استنتاج العلاقة بين هذه الكميات من خلال قوانين نيوتن الثلاثة للحركة.
الوحدة الرابعة: الشغل والطاقة وكمية الحركة	• التعرف على مفهوم الشغل وعلاقته بمفهوم الطاقة الحركية والكامنة و الطاقة الكلية. • أن يستطيع وصف و حل مسائل الحركة لكثير من الحالات بواسطة مفهوم الطاقة الكلية وحفظ الطاقة. • استخدام مفهوم الطاقة الكلية لتسهيل وصف الحالات التي يصعب حلها بقوانين الحركة السابقة. • التعرف على مفهوم كمية الحركة و قانون حفظ الحركة وتطبيقاته.
الوحدة الخامسة: الحركة التوافقية البسيطة	• التعرف على أحد أنواع الحركة وهو الحركة التوافقية البسيطة ومعنى السعة والإزاحة والتردد والزمن الدوري. • ايجاد معادلة الحركة لهذا النظام من خلال العلاقة بين الطاقة الحركية والطاقة الكامنة والطاقة الكلية.

الباب الثاني: الخواص الميكانيكية للمادة (ميكانيكا المرونة والموائع)

تعاملنا في الفصول السابقة مع ميكانيكا الآجسام الصلبة وفي هذه الوحدة يتعرف الدارس على خواص المادة تحت تأثير قوى خارجية مثل قابلية التشوه – المرونة – في المواد الصلبة و الانسياب في الموائع.

الوحدة السادسة: المرونة	• التعرف على قانون هوك والذي يدرس العلاقة بين القوة المؤثرة و التشوه أو الاستطالة الحاصلة في الجسم. • صياغة قانون هوك بدلالة الإنفعال والإجهاد.
الوحدة السابعة: ميكانيكا الموائع غير اللزجة	• دراسة ميكانيكا الموائع من خلال تطبيق معادلة الاستمرارية ومعادلة برنولي.
الوحدة الثامنة: سريان الموائع اللزجة	• فهم النظرية الجزيئية للزوجة ومعامل اللزوجة وكيفية قايسها.
الوحدة التاسعة: التوتر السطحي	• تفسير التوتر السطحي من خلال النظرية الجزيئية. • إيجاد العلاقة بين التوتر السطحي والشكل الكروي. • دراسة الخاصية الشعرية وتطبيقاتها.

الباب الثالث: الحرارة والخواص الحرارية للمادة

الوحدة العاشرة: درجة الحرارة	• التعرف على مفهوم درجة الحرارة. • استخدام مقاييس مختلفة لدرجة الحرارة والتحويل من وحدة الى اخرى. • التعرف على النقاط المرجعية للقياس مثل درجة تجمد الماء و غليانه والصفر المطلق.
الوحدة الحادية عشر: كمية الحرارة	• التعرف على مفهوم الحرارة النوعية للمادة. • التعرف على مفهوم الطاقة الحرارية والطاقة الداخلية. • حساب كمية الحرارة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.
الوحدة الثانية عشر: الشغل والحرارة	• وصف سلوك المواد بدلالة الضغط ودرجة الحرارة والحجم. • التعرف على القانون الأول في الديناميكا الحرارية.
الوحدة الثالثة عشر: انتقال الحرارة بالتوصيل والحمل والإشعاع	• تحليل كيفية انتقال الحرارة من جسم الى اخر من خلال التوصيل. • تحليل كيفية انتقال الحرارة من جسم الى اخر من خلال الحمل. • تحليل كيفية انتقال الحرارة من جسم الى اخر من خلال الإشعاع.

محتوى المقرر

	الوحدة الثانية **الحركة في بعد واحد**	
الثالث	الإزاحة ومتوسط السرعة ومعدل الحركة في بعد واحد السرعة اللحظية والتسارع في بعد واحد	
الرابع	الحركة الخطية المنتظمة السقوط الحر إختبار لتحديد المستوى	
الخامس	الإزاحة والسرعة والتسارع في بعدين الحركة في مستوى بتسارع ثابت	
السادس	حركة المقذوفات إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الثالثة **قوانين نيوتن الثلاثة للحركة**	
السابع	قانون نيوتن الأول قانون نيوتن الثاني كتلة القصور للحركة والوزن قانون نيوتن الثالث	
الثامن	قانون نيوتن للحركة الأفقية والرأسية والمائلة قوى الشد توازن الأجسام	
التاسع	حركة البكرة المصعد الكهربائي	

العاشر	الحركة تحت تأثير قوى الاحتكاك إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الرابعة **الشغل والطاقة وكمية الحركة**	
الحادي عشر	الشغل الناتج عن قوة ثابتة	
الثاني عشر	الطاقة الحركية طاقة الوضع القدرة إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الخامسة **الحركة التوافقية البسيطة**	
الثالث عشر	خواص الحركة الإهتزازية	
الرابع عشر	الحركة الإهتزازية البسيطة لنابض	
الخامس عشر	الطاقة الحركية في الحركة التوفقية البسيطة	
السادس عشر	الحركة الإهتزازية البسيطة للبندول إختبار لتحديد المستوى	
	الخواص الميكانيكية للمادة	
	الوحدة السادسة **المرونة**	
السابع عشر	الإجهاد الإنفعال قانون هوك	

الثامن عشر	إجهاد القص التغير الحجمي إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة السابعة **ميكانيكا الموائع غير اللزجة**	
التاسع عشر	مقدمة الكثافة والكثافة النسبية ضغط السائل قاعدة باسكال	
العشرون	معادلة الاستمرار معدالة برنولي تطبيقات على معدالة برنولي إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الثامنة **سريان الموائع اللزجة**	
الحادي والعشرون	مقدمة النظرية الجزيئية للزوجة معامل اللزوجة	
الثاني والعشرون	قياس معامل اللزوجة لسائل إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة التاسعة **التوتر السطحي**	

الثالث والعشرون	النظرية الجزيئية للتوتر السطحي الخاصية الشعرية إختبار لتحديد المستوى	
	الحرارة والخواص الحرارية للمادة	
	الوحدة العاشرة **درجة الحرارة**	
الرابع والعشرون	درجة الحرارة وقياسها	
الخامس والعشرون	أنواع الترمومترات الترمومتر الزئبقي الترمومتر الطبي ترمومترات المقاومة الكهربائية ترمومترات الإزدواج الحراري إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الحادية عشر **كمية الحرارة**	
السادس والعشرون	وحدات الطاقة الحرارية السعة الحرارية الحرارة النوعية قانون نيوتن للتبريد	
السابع والعشرون	نقطة الإنصهار نقطة الغليان التمدد الحراري	

الثامن والعشرون	مسائل حسابية إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الثانية عشر **الشغل والحرارة**	
التاسع والعشرون	القانون الأول في الديناميكا الحرارية إختبار لتحديد المستوى	
	الوحدة الثالثة عشر **انتقال الحرارة بالتوصيل والحمل والإشعاع**	
الثلاثون	التوصيل الحراري	
الحادي والثلاثون	الحمل الحراري	
الثاني والثلاثون	الإشعاع الحراري	
الثالث والثلاثون	مسائل حسابية إختبار لتحديد المستوى	

الدرس الأول

الفصل الأول: الكميات الفيزيائية و تحليل والمتجهات

مقدمة

تناقش هذه الوحدة بعض المفاهيم الأساسية للوحدات والكميات الفيزيائية والتي تستخدم لوصف الظواهر الفيزيائية مثل قوانين الحركة. وحيث أن الكثير من هذه الكميات هي كميات متجهة (مثل السرعة والقوة) فسنقوم بتوضيح مفهوم المتجهات والطرق المناسبة لوصفها والتعامل معها من خلال دراسة كيفية تحليل الكميات المتجهة الى المركبات الأساسية و إيجاد مجموع (محصلة) أكثر من متجه على نقطة ما بطريقة الرسم أو تحليل المركبات و طرق إيجاد قيمة ضرب المتجهات بنوعيها القياسي والإتجاهي.

الأهداف التعليمية من هذا الفصل

في نهاية هذه الوحدة ستكون قادراً على:

١. ذكر الوحدات الدولية لكل من الزمن والكتلة والمسافة.
٢. تعريف الكميات القياسية مع ذكر ثلاثة أمثلة مع الوحدات.
٣. تعريف الكميات المتجهة مع ذكر ثلاثة أمثلة مع الوحدات.
٤. تحليل متجه الى مركباته الأساسية.
٥. إيجاد القيمة المطلقة لمتجه باستخدام المركبات الأساسية.
٦. إيجاد محصلة أكثر من متجه بالطريقة البيانية.
٧. إيجاد محصلة أكثر من متجة بطريقة التحليل أو حساب المثلثات.
٨. إيجاد حاصل الضرب القياسي لمتجهين.
٩. إيجاد حاصل الضرب الإتجاهي لمتجهين.

١.١ مفهوم الكميات الفيزيائية

تعرف الكمية الفيزيائية بالكمية التي يمكن قياسها من خلال الملاحظة أو التجربة. وتنقسم الكميات الفيزيائية الى كميات أساسية وكميات مشتقة. والكميات الأساسية هي الزمن والطول والكتلة وهي كميات مستقلة لا تعتمد على كميات أخرى. أما الكميات المشتقة فهي عبارة عن كميات معتمدة على الكميات الأساسية. ومن الأمثلة على الكميات المشتقة هي السرعة والتسارع والقوة.

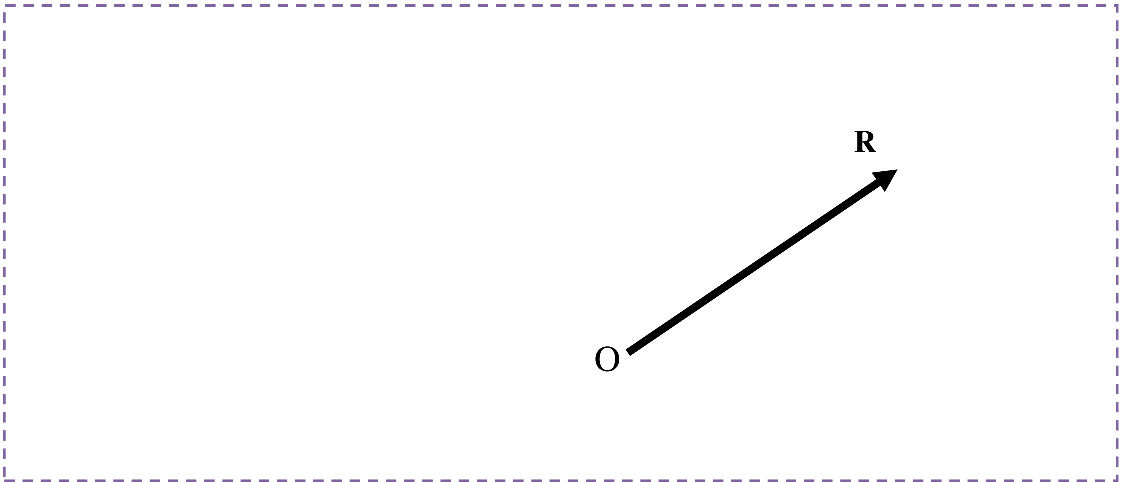
١.٢ الوحدات والمقاييس

الكميات الفيزيائية المقاسة يجب أن توصف بطريقة المقارنة الرقمية الى مرجع قياسي متفق عليه. فالزمن المستغرق لإنجاز مهمة ما يقاس بالثانية وهي الوحدة المتفق عليها لقياس الزمن في نظام الوحدات الدولي SI Unit. ويستخدم في نفس هذا النظام المتر كوحدة قياس للطول والكيلوجرام كوحدة قياس للكتلة. وجميع الكميات الفيزيائية الأخرى يمكن وصفها بطريقة مشتقة من وحدات الزمن والطول والكتلة ولذلك تسمى الثانية والمتر والكيلوجرام بالوحدات الفيزيائية الأساسية.
ومن المفيد كتابة هذه الوحدات باستخدام مضاعفات أو أجزاء القوة رقم ١٠. والجدول التالي يبين ألفاظ المضاعفات واختصاراتها وقيمها.

ألفاظ المضاعفات	الإختصار	القيمة
بيكو	P	10^{-12}
نانو	N	10^{-9}
ميكرو	μ	10^{-6}
ملي	M	10^{-3}
كيلو	K	10^{3}
ميقا	M	10^{6}
قيقا	G	10^{9}

١.٣　الإحداثيات و تحليل المتجهات

يمكن تقسيم الكميات الفيزيائية الى كميات قياسية وكميات متجهة. تحدد **الكميات القياسية** بالمقدار بدون الحاجة للإتجاه ومثال ذلك الزمن (t) و الكتلة (m) ودرجة الحرارة (T). أما **الكميات المتجهة** فتحدد بالمقدار والإتجاه ومثال ذلك الإزاحة (**x**) والسرعة (**v**) والقوة (**F**). ويلاحظ من الأمثلة السابقة أنه تم التفريق بين الرموز الرياضية للكميات المتجهة والقياسية في الكتابة باستخدام الخط العريض للكميات المتجهة و الخط العادي للكميات القياسية وهو المعتمد في هذا المقرر. ويمكن كتابة القيمة المطلقة للكمية المتجهة بالشكل التالي |**R**| في حالة متجه الإزاحة **R.** ويمثل أي متجه بيانياً بسهم اتجاهه يمثل اتجاه المتجه وطول محدد يتناسب مع القيمة المطلقة للمتجه كما هو مبين بالشكل ١-١.



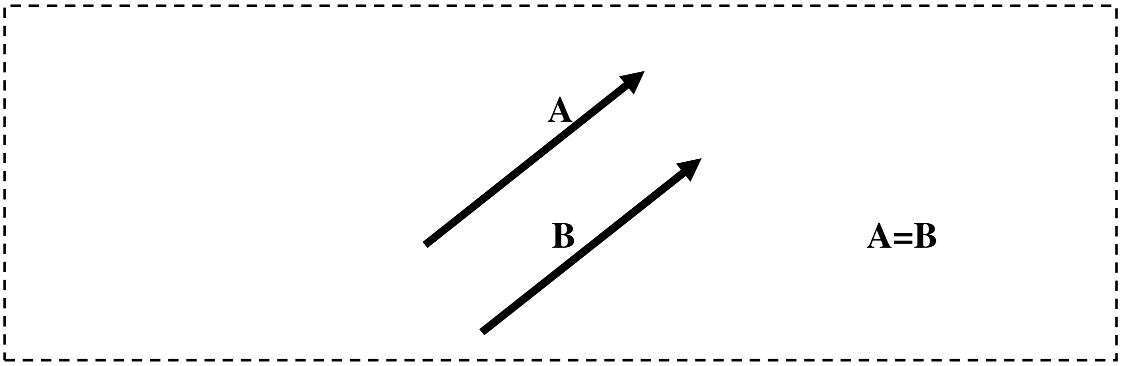
الشكل ١-١: تمثيل المتجه بيانياً.

١.٤ *المتجهات وخصائصها*

توجد خواص يجب مراعاتها في دراسة المتجهات. ومن ذلك:

i. مساواة المتجهات:

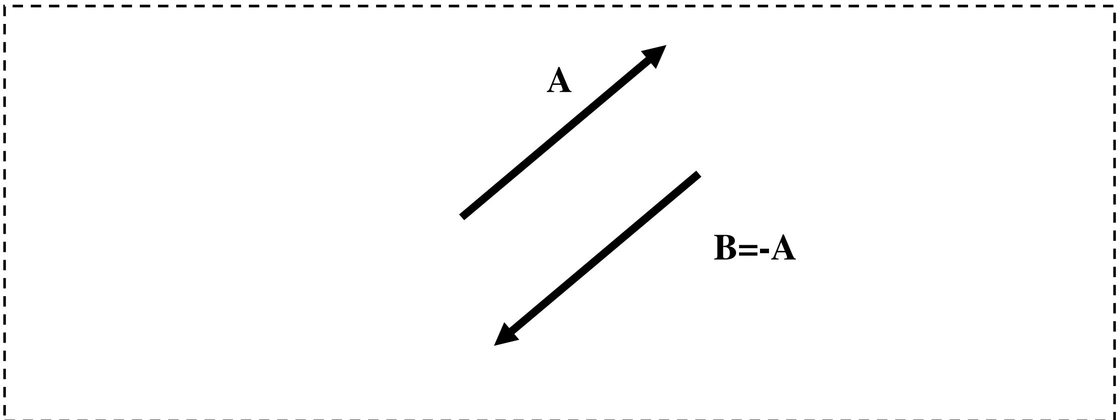
يعتبر المتجهان **A** و **B** متساويان إذا كان لهما نفس المقدار والإتجاه (السهم A يوازي السهم B) ولهما نفس الوحدة. ويعبر عنهما بـ **A=B**. و يوضح الشكل ١-٢ متجهات متساوية وإن اختلفت بدايات هذه المتجهات.



الشكل ١-٢: مساواة المتجهات.

ii. سالب المتجه:

يعتبرالمتجه **B** سالب المتجه **A** إذا كان المتجهان لهما نفس القيمة ولكن اتجاه **B** معاكساً للمتجه **A** كما هو موضح بالشكل ١-٣. ويمكن كتابة ذلك بالعلاقة **B=-A**.



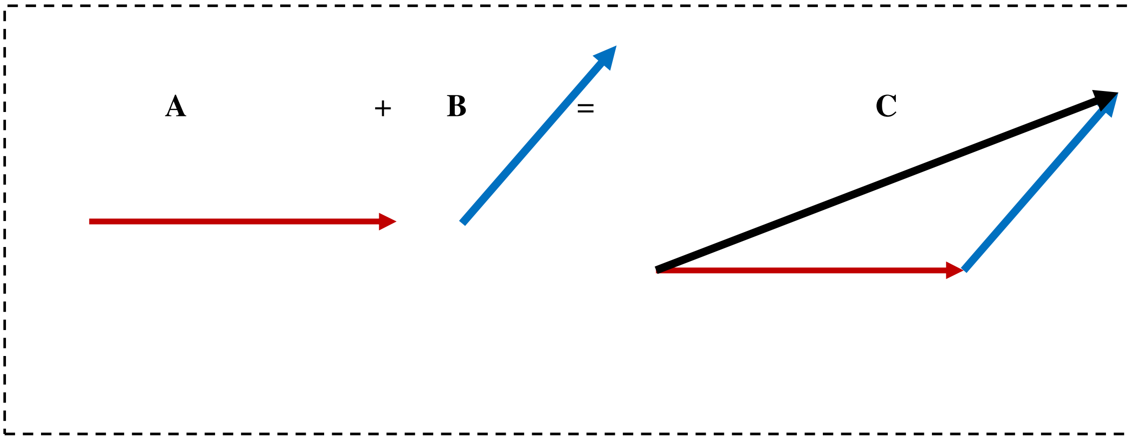
الشكل ١-٣: سالب المتجه.

iii. جمع المتجهات:

مجموع المتجه **A** و المتجه **B** هو متجه جديد **C** ويكتب رياضياً بالشكل **C=A+B**. و يمكن إيجاد المتجه **C** بيانياً بوضع بداية المتجه **B** مع نهاية المتجه **A** ورسم سهم يمثل المتجه **C** يوصل بين بداية المتجه **A** مع نهاية المتجه **B** كما هو موضح بالشكل ١-٤. وحيث أن عملية جمع المتجهات عملية تبادلية أي أن

A+B=B+A

فإننا نحصل على نفس المحصلة لو وضعنا بداية المتجه **A** مع نهاية المتجه **B**.

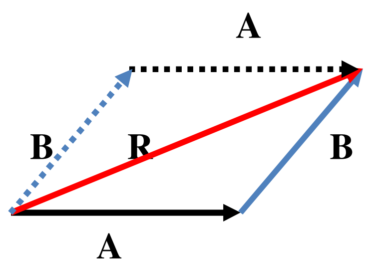


الشكل ١-٤: جمع المتجهات.

مثال ١-١: أثبت بيانياً علاقة التبادل للمجمع **A+B=B+A** .

الحل:

نقوم برسم المتجه **A** أولاً بمقياس رسم مناسب ومن ثم نرسم المتجه **B** من نهاية رأس المتجه **A** وبعد ذلك نرسم المحصلة **C** الممثلة بسهم من بداية السهم الأول ونهاية السهم الثاني. و عندما نبدأ برسم المتجه **B** أولاً والمتجه **A** ثانياً نحصل على نفس المحصلة كما هو مبين من الشكل.



ومن المفيد ذكر بعض العلاقات الأساسية في جمع المتجهات وهي:

قانون الترافق للجمع: $\mathbf{A}+(\mathbf{B}+\mathbf{C})=(\mathbf{A}+\mathbf{B})+\mathbf{C}$

قانون التبادل للضرب: $m\mathbf{A}=\mathbf{A}m$

قاعدة الترافق للضرب: $(m+n)\mathbf{A}=m\mathbf{A}+n\mathbf{A}$

قاعدة التوزيع: $m(\mathbf{A}+\mathbf{B})=m\mathbf{A}+m\mathbf{B}$

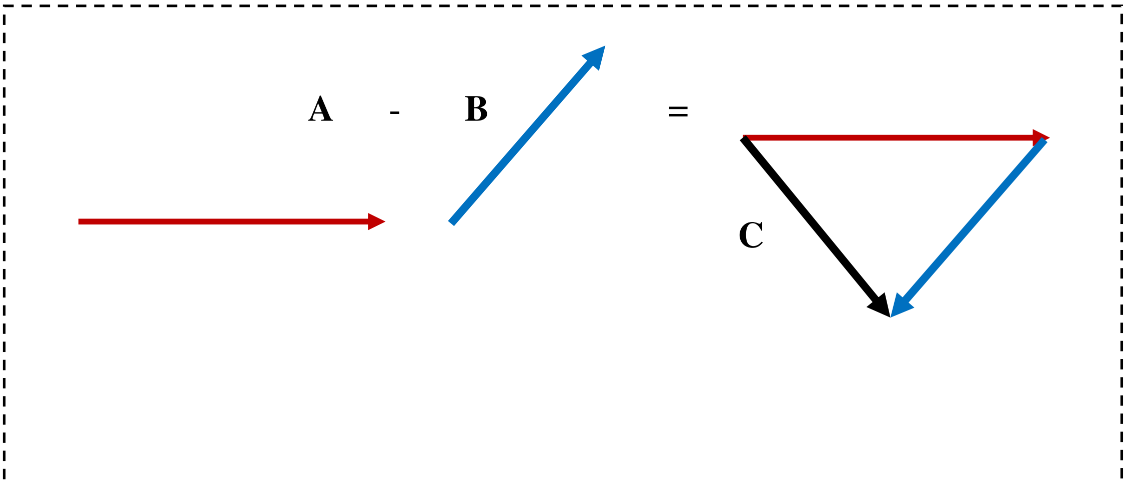
تمرين ١-١: أثبت قانون الترافق للجمع باستخدام ثلاثة متجهات **A** و **B** و **C**.

iv. طرح المتجهات:

الفرق بين المتجهين **A** و **B** هو متجه **C** و يعبر عنه رياضياً بـالعلاقة

$\mathbf{C}=\mathbf{A}-\mathbf{B}$ أو $\mathbf{C}=\mathbf{A}+(-\mathbf{B})$.

ويمكن تمثيله بيانياً بوضع بداية سالب المتجه **B** $(-\mathbf{B})$ عند نهاية المتجه **A** ومن ثم يرسم سهم من بداية المتجه A ونهاية المتجة $(-\mathbf{B})$ لتمثيل المتجه **C** كما هو موضح بالشكل ١-٥.



الشكل ١-٥: عملية طرح المتجهات.

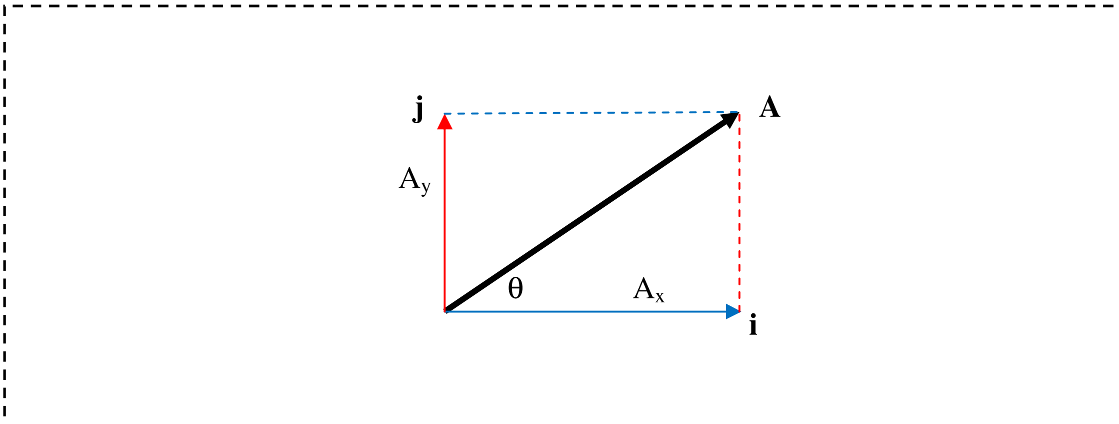
نشاط ١-١: يمكنك استخدام الرابط التالي لجمع وطرح المتجهات باستخدام الطريقة البيانية:
http://surendranath.org/Applets/Math/VectorAddition/VectorAdditionApplet.html

ملاحظة: يتطلب التطبيق تحميل برنامج الجافا على جهاز الكمبيوتر.

١,٥ *مركبات المتجه*

يوصف المتجة عادة بالنسبة لنظام احداثيات أساسي مثل نظام الإحداثيات الكارتيزي أو الديكاريتي (x,y,z) ومن خلاله يمكن إجراء عمليات الجمع والطرح والضرب. ويتم وصف المتجه بالنسبة لنظام إحداثي من خلال استخدام **متجه الوحدة** وهو المتجه الذي قيمته المطلقة واحد واتجاهه في اتجاه أحد المحاور الرئيسة للنظام. وفي نظام الإحداثيات الكارتيزية فإن متجهات الوحدة هي **i** و **j** و **k** لكل من الإحداثيات x و y و z على الترتيب. ولذلك المتجه **A** مثلاً يمكن وصفه بالنسبة لإحداثيات النظام بـ $\mathbf{A}=A_x\mathbf{i}+A_y\mathbf{j}+A_z\mathbf{k}$ كما يوضح الشكل ١-٦ تمثيل مركبات المتجه **A** في بعدين x و y.

ومن خلال الشكل ١-٦ يمكن تحليل المتجه **A** الى المركبات x و y باستخدام حساب المثلثات $A_x=A\cos\theta$ و $A_y=A\sin\theta$. إن تحليل المتجة **A** إلى مركباته الأساسية $A_x\mathbf{i}+A_y\mathbf{j}$ يسهل عملية



الشكل ١-٦: مركبات المتجه **A** في بعدين.

حساب طول المتجه واتجاهه. فيمكن إيجاد الطول من خلال نظرية فيثاغورس

$$|\mathbf{A}|=\sqrt{A_x^{\,2}+A_y^{\,2}}$$

أما بالنسبة للإتجاه فيمكن إيجاده من خلال العلاقة التالية:

$$\tan\theta=\frac{A_y}{A_x} \quad \text{أو} \quad \theta=\tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right)$$

حيث θ هي الزاوية بين المتجة والمحور السيني كما هو مبين بالشكل ١-٦.

الدرس الثاني

مثال ١-٢: متجه قيمته 10 وحدات ويصنع زاوية مقدارها 30^o مع الاتجه الموجب لمحور السينات. أوجد المركبات العمودية لهذا المتجه.

الحل:

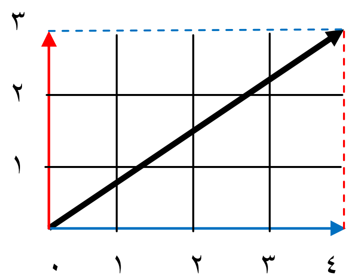
$A_x = A\cos\theta$

$A_x = 10\cos(30) = 8.66$

$A_y = A\sin\theta$

$A_y = 10\sin(30) = 5$

مثال ١-٣: أوجد القيمة المطلقة للمتجه الموضح بالرسم وأوجد اتجاه.



الحل:

من الشكل يتبين أن

$A_x = 4$ unit و $A_y = 3$ unit

وبتطبيق نظرية فيثاغورس نحصل على

$|\mathbf{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = 5$ unit

أما الإتجاه فيعطى من خلال العلاقة

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right) = ٣٦.٨٧^\circ$

ويمكن أيضاً استخدام تحليل المتجة الى مركباته الأساسية في تسهيل عملية جمع أو طرح أكثر من متجه. فعندما نريد جمع المتجهات A و B و C مثلاً نحلل كل متجه الى مركباته الأساسية:

$\mathbf{A}=A_x\mathbf{i}+A_y\mathbf{j}+A_z\mathbf{k}$

$\mathbf{B}=B_x\mathbf{i}+B_y\mathbf{j}+B_z\mathbf{k}$

$\mathbf{C}=C_x\mathbf{i}+C_y\mathbf{j}+C_z\mathbf{k}$.

وبجمع المكبات المتشابهة نحصل على:

$D_x=A_x+B_x+C_x$

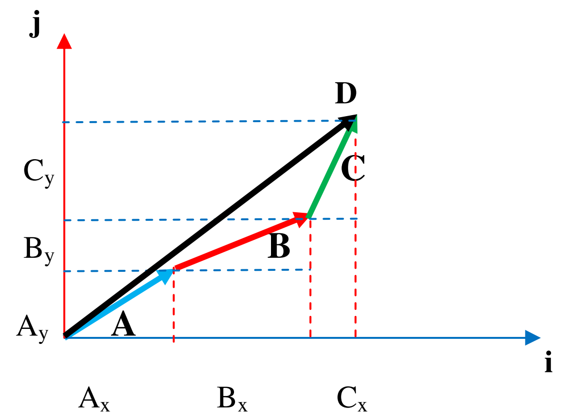
$D_y=A_y+B_y+C_y$

$D_z=A_z+B_z+C_z$.

وبذلك تكون محصلة جمع المتجهات هي

$\mathbf{D}=D_x\mathbf{i}+D_y\mathbf{j}+D_z\mathbf{k}$.

ويوضح الشكل ١-٧ جمع ثلاث متجهات في بعدين.



الشكل ١-٧: جمع ثلاث متجهات في بعدين بطريقة التحليل.

مثال ١-٤: إزيح جسم في ثلاث اتجاهات:

$\mathbf{A}=4\mathbf{i}+4\mathbf{j}+3\mathbf{k}$ m

$\mathbf{B}=-2\mathbf{j}-2\mathbf{k}$ m

$\mathbf{C}=2\mathbf{i}+2\mathbf{k}$ m

١) ما هي محصلة هذه الإزاحة؟

٢) ماهو البعد الجسم من نقطة الأصل بعد الإزاحة؟

الحل:

مجموع الإزاحات في كل من اتجاه محور x و y و z على التوالي:

$D_x=4+2=6$ m

$D_y=4-2=2$ m

$D_z=3-2+2=3$ m

ومجموع هذه الإزاحات هو

$\mathbf{D}=6\mathbf{i}+2\mathbf{j}+3\mathbf{k}$ m

أما البعد عن نقطة الأصل فهو القيمة المطلقة للمحصلة

$$|\mathbf{D}| = \sqrt{D_x^2 + D_y^2 + D_z^2} = 7 \text{ m}$$

١,٦ ضرب المتجهات (القياسي والإتجاهي)

في علم الفيزياء يتم التعامل مع ضرب المتجهات بثلاثة أساليب: الأول ضرب متجه بكمية قياسية ويكون حاصل الضرب كمية متجهة و الثاني ضرب متجهين ويكون حاصل الضرب كمية قياسية والثالث ضرب متجهين ويكون حاصل الضرب كمية متجهة. وفيما يلي شرح لأهم خصائص كل منها:

١) ضرب المتجة بكمية قياسية

عندما يتم ضرب أي متجه بثابت (أو كمية قياسية) فإن الناتج هو متجه اخر له نفس إتجاه المتجه الأصلي وقيمته هي القيمة المطلقة للمتجه مضروباً بالثابت. فمثلاً حاصل ضرب المتجة **A** في الثابت n هو n**A** و قيمته هي n|**A**|. وسيتعرض المقرر للكثير من هذا النوع من الضرب ومن الأمثلة على

الدرس الثاني

ذلك القوة وتعرف بأنها حاصل ضرب الكتلة في التسارع وتعطى بالعلاقة

. **F**=m**a**

تمرين ١-٢: أذكر أمثلة على ضرب المتجه بكمية قياسية وحاصل الضرب كمية متجهة اخرى.

٢) الضرب القياسي

يعبر عن الضرب القياسي للمتجهين **A** و **B** رياضياً بـ **A.B** وينتج عن هذه العملية كمية قياسية. ويعرف بأنه حاصل ضرب القيمتين المطلقة للمتجهين مضروباً بجيب تمام الزاوية بين المتجهين ويعطى بالعلاقة التالية:

$$A.B=|A|\ |B| \cos\theta$$

ويمكن إثبات القوانين التالية للضرب القياسي:

a) $\mathbf{A.B}=\mathbf{B.A}$

b) $\mathbf{A.(B+C)}=\mathbf{A.B}+\mathbf{A.C}$

c) $n(\mathbf{A.B})=(n\mathbf{A}).\mathbf{B}=\mathbf{A}.(n\mathbf{B})=(\mathbf{A.B})n$

d) $\mathbf{i.i}=\mathbf{j.j}=1$

e) $\mathbf{i.j}=\mathbf{j.i}=0$

وتساعد العلاقتين السابقتين (d و e) في حالة إجراء عملية الضرب القياسي بدلالة تمثيل المتجهات بالإحداثيات الكارتيزية. فمثلاً حاصل ضرب المتجهين

$$\mathbf{A}=A_x\mathbf{i}+A_y\mathbf{j}+A_z\mathbf{k}$$

و

$$\mathbf{B}=B_x\mathbf{i}+B_y\mathbf{j}+B_z\mathbf{k}$$

هو

$$\mathbf{A.B}=(A_x\mathbf{i}+A_y\mathbf{j}+A_z\mathbf{k}).(B_x\mathbf{i}+B_y\mathbf{j}+B_z\mathbf{k})$$

أو

$$\mathbf{A.B}=A_xB_x+A_yB_y+AzB_z$$

مثال ١-٥: ما هو حاصل الضرب القياسي للمتجهين:

$\mathbf{A}=4\mathbf{i}+4\mathbf{j}+3\mathbf{k}$ و $\mathbf{B}=-2\mathbf{j}-2\mathbf{k}$

الحل:

$\mathbf{A.B}=A_xB_x+A_yB_y+AzB_z$

$=4*0+4*(-2)+3*(-2)$

$= (-8)+(-6)= -14$

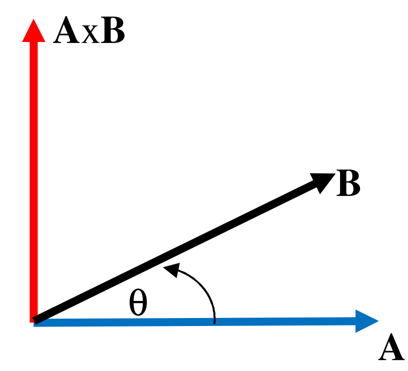
تمرين ١-٣: ما هي الزاوية بين المتجهين **A** و **B** في المثال السابق.

٣) الضرب الإتجاهي

يعرف الضرب الإتجاهي لمتجهين بأنه حاصل الضرب للقيمتين المطلقة للمتجهين مضروباً في جيب الزاوية بينهما ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة

$\mathbf{A}\text{x}\mathbf{B}=|\mathbf{A}|\ |\mathbf{B}|\sin\theta$

و ينتج عن هذه العملية كمية متجهة في الإتجاه العمودي على المستوى الممثل من المتجهين **A** و **B**. ويمكن تحديد الإتجاه باستخدام قاعدة اليد اليمنى بحيث تشير الكف باتجاه **A** و أصابع الكف باتجاه **B** والإبهام الى متجه حاصل الضرب و هو الاتجاه العمودي على المستوى كما هو مبين في الشكل ١-٨.



الشكل ١-٨: الضرب الإتجاهي للمتجهين **A** و **B**.

الدرس الثاني

ويمكن إثبات القوانين التالية للضرب الإتجاهي:

a) **AxB= -BxA**

b) **ixi=jxj=kxk=0**

c) **ixj=k, jxk=i, kxi=j**

d) **jxi=-k, kxj=-i, ixk=-j**

تمرين ١-٤: ما هو ناتج العملية التالية: **AxA** ولماذا؟

وباستخدام العلاقات السابقة (b و c) يمكن إيجاد حاصل الضرب الإتجاهي بدلالة المركبات الأساسية لكل متجه بالعلاقة

$$\mathbf{A}\times\mathbf{B}=\mathbf{i}(A_yB_z-A_zB_y)-\mathbf{j}(A_xB_z-A_zB_x)+\mathbf{k}(A_xB_y-A_yB_x)$$

والعلاقة السابقة يمكن أيضاً كتابتها باستخدام طريقة محددة المصفوفات

$$\mathbf{A}\times\mathbf{B}=\begin{vmatrix}\mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k}\\ A_x & A_y & A_z\\ B_x & B_y & B_z\end{vmatrix}.$$

مثال ١-٦: ما هو حاصل الضرب الإتجاهي للمتجهين:

A=4**i**+4**j**+3**k** و **B**=-2**j**-2**k**

الحل:

باستخدام المحددات فإن

$$\mathbf{A}\times\mathbf{B}=\begin{vmatrix}\mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k}\\ A_x & A_y & A_z\\ B_x & B_y & B_z\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}\mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k}\\ 4 & 4 & 3\\ 0 & -2 & -2\end{vmatrix}$$

$$=\mathbf{i}[(4*\{-2\})-3*\{-2\}]-\mathbf{j}[4*\{-2\}]+\mathbf{k}[4*\{-2\}]$$

تمرين ١-٥: مسائل مختارة من كتاب الفيزياء العامة للجامعات:

أ- المسألة رقم ١٣.
ب- المسألة رقم ١٤.
ج- المسألة رقم ١٦.
د- المسألة رقم ١٨.
هـ- المسألة رقم ١٩.
و- المسألة رقم ٢٤.

١.٧ *الخلاصة*

ناقشت هذه الوحدة الكميات الفيزيائية وكيف يمكن تقسيمها الى كميات قياسية وكميات متجهة. وتم تعريف الكميات المتجهة بأنها الكميات التي لها قيمة واتجاه أما الكميات القياسية فعرفت بالكميات التي لها قيمة وليس لها اتجاه. وتم تمثيل الكميات المتجهة بسهم يمثل طوله قيمة المتجة واتجاهه اتجاه المتجه. و تم شرح كيف يمكن جمع أو طرح متجهين باستخدام الطريقة البيانية. ومن خلال تحليل الكميات المتجهة الى مركبات متعامدة تبين أنه يمكن القيام بعمليات الجمع والطرح والضرب بطريقة أسهل من الطريقة البيانية. وتم تعريف عملية الضرب القياسي و تبين أن حاصل الضرب القياسي هو كمية قياسية أما حاصل الضرب الإتجاهي فهو كمية متجهة يتم تحديده من خلال قاعدة اليد اليمنى.

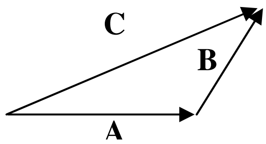
١.٨ اختبار لتحديد المستوى

أختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

i) الكميات التالية كميات قياسية فقط:
(١)الكتلة والزمن والإزاحة
(٢)الزمن والسرعة والقوة
(٣)القوة والتسارع والكتلة
(٤)الزمن والكتلة والمسافة

ii) الكميات المتجهة هي:
(١)الكميات التي لها مقدار فقط
(٢)الكميات التي لها اتجاه فقط
(٣)الكميات التي لها مقدار واتجاه
(٤)الكميات ليس لها مقدار أو اتجاه

iii) ما هي العملية الصحيحة التي تمثل الشكل التالي:



(١)$\mathbf{A}+\mathbf{B}=\mathbf{C}$
(٢)$\mathbf{A}+\mathbf{C}=\mathbf{B}$
(٣)$\mathbf{B}+\mathbf{C}=\mathbf{A}$
(٤)$\mathbf{A}-\mathbf{B}=\mathbf{C}$

iv) القيمة المطلقة لحاصل جمع المتجهين $A=6i+2j+5k$ و $B=-3i+4j-3k$ هي:
(١) $3i+6j+2k$
(٢)11
(٣)62
(٤)7

v) حاصل الضرب القياسي لمتجهين لهما نفس القيمة المطلقة ($|\mathbf{A}|$) والزاوية بينهما 60^o هو:
(١) $2|\mathbf{A}|$
(٢) $|\mathbf{A}|$
(٣) $|\mathbf{A}|/4$
(٤) $|\mathbf{A}|/2$