مدارس الكلية العلمية الإسلامية

المادة: الفيزياء

الصف: العاشر

أوراق عمل

الوحدة الأولى: المتجهات

الدرس الأول: الكميات القياسية والكميات المتجهة

اسم الطالب :.....

الشعبة : .....

مدارس الكلية العلمية الإسلامية جبل عمان / الجبيهة	ورقة عمل رقم (1) المبحث: الفيزياء الصـــف: العاشر	78 عاما من التميز والعطاء
اسم الطالب : _____	الوحدة : المتجهات	الشعبة : ( )
اليوم/ التاريخ : / / 2025	الدرس الأول : الكميات القياسية والمتجهة	

أولاً: الكميات الفيزيائية

➢ **الكميات الفيزيائية تقسم إلى قسمين رئيسين ، هما:**

1) **الكميات القياسية**: هي كميات تحدد بالمقدار فقط ، ولا يوجد لها اتجاه.

2) **الكميات المتجهة** : هي كميات تحدد بالمقدار والاتجاه معًا.

المثالُ 1

أُصنِّفُ الكمياتِ الفيزيائيةَ في الجدولِ (1) الآتي إلى كمياتٍ مُتَّجِهةٍ، وأُخرى قياسيةٍ:

الجدولُ (1)	تصنيفُ الكمياتِ الفيزيائيةِ
الكميةُ الفيزيائيةُ	كميةٌ مُتَّجِهةٌ/ كميةٌ قياسيةٌ
الكتلةُ (4 kg)	قياسية
التسارُعُ ($20\,m/s^2$، غربًا)	متجهة
الشغلُ (200 J)	قياسية
القُوَّةُ (120 N، شمالًا)	متجهة

السؤال الأول : ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة فيما يلي:

1) إحدى المجموعات الآتية تمثل كميات قياسية فقط:

أ) القوة ، التسارع ، الوزن

ب) المقاومة الكهربائية ، الشغل ، الإزاحة

ج) الزمن ، المسافة ، التسارع

(د) درجة الحرارة ، الكتلة ، الطاقة

2) إحدى المجموعات الآتية تمثل كميات متجهة فقط:

أ) درجة الحرارة ، الزمن ، الوزن.

(ب) الإزاحة ، الوزن ، التسارع.

ج) الكتلة ، المسافة ، السرعة.

د) الإزاحة ، الضغط ، الزمن.

السؤال الثاني: (تمرين /كتاب)

في أثناء جلوسي في غرفة الصف سقط قلم باتجاه سطح الأرض. أُحدِّدُ كميتيْنِ قياسيتيْنِ، وكميتيْنِ مُتَّجِهَتَيْنِ لها صلة بذلك.

كميات قياسية : الزمن ، كتلة القلم ، المسافة

كميات متجهة : التسارع ، السرعة ، الازاحة

السؤال الثالث: صنّف الكميات الفيزيائية الآتية إلى قياسية ومتجهة في الجدول الآتي مع تحديد رمز كل منها:

(الزمن ، درجة الحرارة ، الكتلة ، القوة ، التسارع ، السرعة ، الازاحة ، قوة الجاذبية الأرضية ، الحجم ، الشغل ، الشحنة الكهربائية ، الوزن ، المقاومة الكهربائية ، الحجم ، الطاقة ، المسافة ، الضغط)

الرقم	الكمية القياسية	رمزها	الكمية المتجهة	رمزها
1	الزمن	t	القوة	F
2	درجة الحرارة	T	التسارع	a
3	الكتلة	m	السرعة	v
4	الحجم	V	الازاحة	Δx
5	الشغل	W	قوة الجاذبية	F_g
6	الشحنة الكهربائية	Q	الوزن	F_g أو W_g
7	المقاومة الكهربائية	R	العزم	τ
8	الطاقة	E		
9	المسافة	S		
10	الضغط	P		
11				

- **لكي نميز الكمية المتجهة عن الكمية القياسية يمكننا كتابة أن نستخدم إحدى الطريقتين التاليتين :**

1. نضع سهم فوق رمز الكمية المتجهة مثل ($\vec{F}$) للتعبير عن متجه القوة (تستخدم هذه الطريقة على الدفتر وعلى اللوح)
2. كتابة رمز الكمية المتجهة بخط غامق مثل $\boldsymbol{F}$ للتعبير عن متجه القوة . (تستخدم هذه الطريقة في الكتاب)

- أما إذا أردنا التعبير عن مقدار المتجه فقط دون اتجاه فيمكن وضع الرمز بين إشارتي القيمة المطلقة أو كتابة الرمز بخط عادي دون سهم فمثلا نعبر عن مقدار القوة على النحو التالي: $|F|$ أو F

- السرعة قد تكون كمية قياسية أو متجهة، وسوف نتعامل هنا مع السرعة المتجهة أينما ورد لفظ السرعة.

المثال 2

أُجيبُ بـ (نعمْ) أوْ (لا)، مُعزِّزًا إجابتي بمثالٍ على كلٍّ ممّا يأتي:

- تشيرُ الإشارةُ السالبةُ أوِ الإشارةُ الموجبةُ إلى اتجاهِ الكميةِ المُتَّجِهةِ . هلْ يُمكِنُ أنْ تكونَ الكميةُ القياسيةُ سالبةً؟ نعم درجة الحرارة
- قدْ يكونُ للكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ الوحدةُ نفسُها. نعم ، المسافة والازاحة
- قدْ تتساوى كميتانِ مُتَّجِهتانِ في المقدارِ، وتختلفانِ في الاتجاهِ. نعم

تؤثر في الجسم قوتان متساويتان في المقدار إحداهما باتجاه الشرق والأخرى باتجاه الشمال .

واجب بيتي على الدفتر:

سؤال: (1) فرع (أ) + سؤال: (2) صفحة (21) من الكتاب

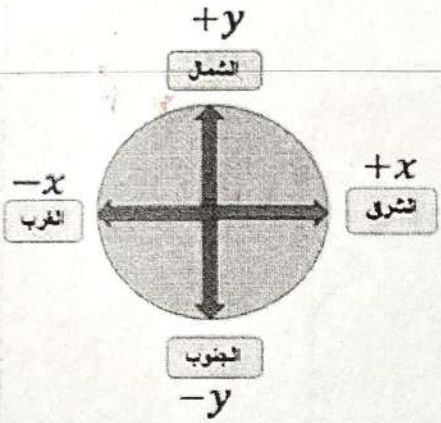
ثانياً: تمثيل المُتّجه بيانيًا ورياضيًا

- لتمثيل المتجه بيانيًّا، نختارُ مستوى إحداثيًا مثل $(y \ - \ x)$ ، ونقطة إسناد مثل نقطة الأصل (0,0)، ثمَّ نرسم سهما بحيثُ يقعُ ذيلُهُ (نقطة بدايتِهِ) عندَ نقطة الأصل، وذلك على النحو الآتي :

1) طول السهم يُمثلُ **مقدارَ المُتَّجِهِ**، ويُحدد باستخدام **مقياس رسم مناسب**.
2) اتجاه السهم يمثل **اتجاه المتجه** ، ويُحدد نسبةً إلى اتجاه مرجعي، وذلك بطريقتين :

أ. **جغرافيًا** باستخدام الجهات الأربع: (شمال، جنوب، شرق، غرب)

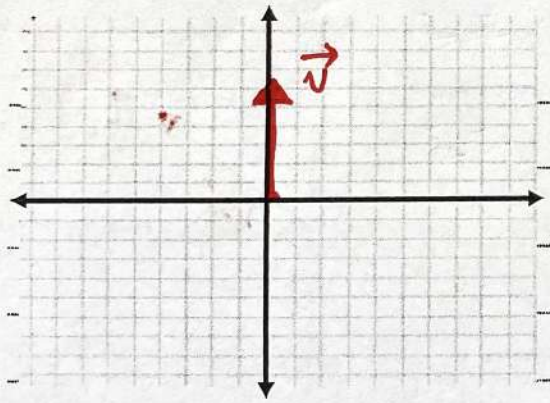
فإذا كَانَ المُتَّجِهُ يَصنعُ زاويةً (30°) مثلا شمال الغرب ، فهذا يعني وجوب البدء من الغرب، وقطع زاوية (30°) باتجاه الشمال ، أما إذا كانَتِ الزاوية غربَ الشمال فيجب البدء من الشمال باتجاه الغرب، وهكذا



ب. باستخدام الزاوية θ التي يَصنعها المُتَّجِهُ معَ محورٍ مرجعي، مثل المحور الأفقي **بعكس دورانِ عقارب الساعة**.

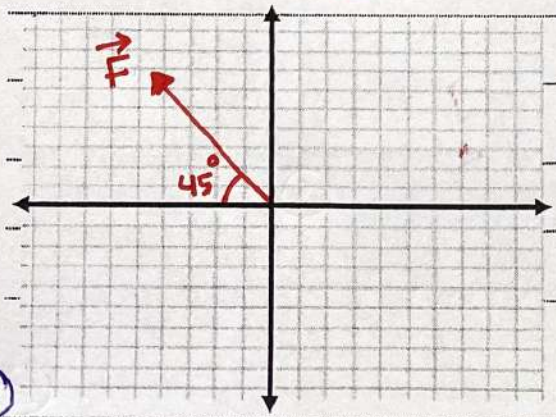
المثالُ 3

يتحركُ جسمٌ بسرعةٍ مقدارُها $v = 3\ m/s$ باتجاهِ محورِ الصاداتِ الموجبِ (نحوَ الشمالِ). أمثِّلُ متجهَ السرعةِ بيانيًّا.



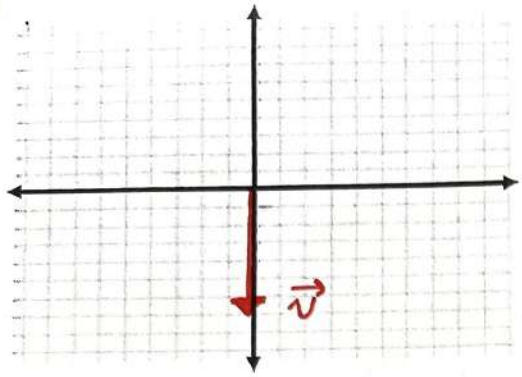
المثالُ 4

تؤثِّرُ قُوَّةٌ F مقدارُها 60 N في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 45° شمالَ الغربِ. أمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ F بيانيًّا.

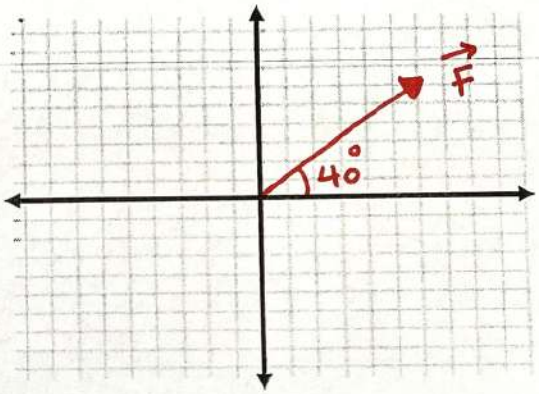


السؤال الأول: مثّـل المتجهات الآتية بيانيًا:

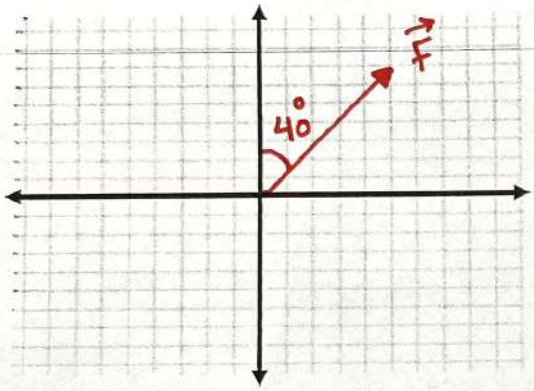
أ) يتحرك جسم بسرعة v مقدارها $30\ m/s$ باتجاه محور الصادات السالب (نحو الجنوب).



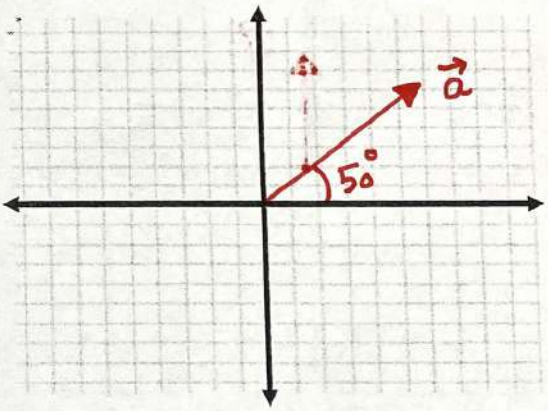
ب) قُوَّةً F مقدارها $60\ N$ باتجاه يَصنعُ زاويةً مقدارها $40°$ شمال الشرق.



ج) قُوَّةً F مقدارها $60\ N$ باتجاه يَصنعُ زاويةً مقدارها $40°$ شرق الشمال.

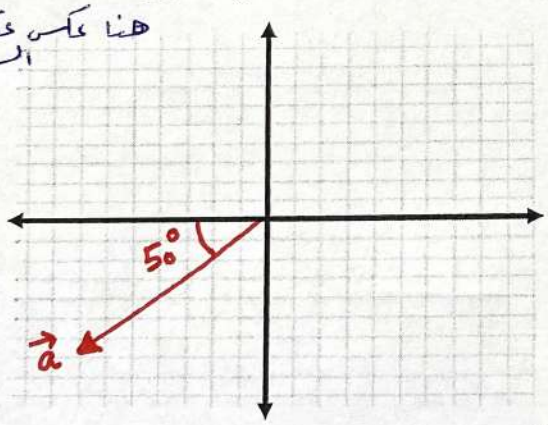


د) تسارع مقداره $6\ m/s^2$ في اتجاه يَصنعُ زاويةً مقدارها $50°$ مع محور $+x$

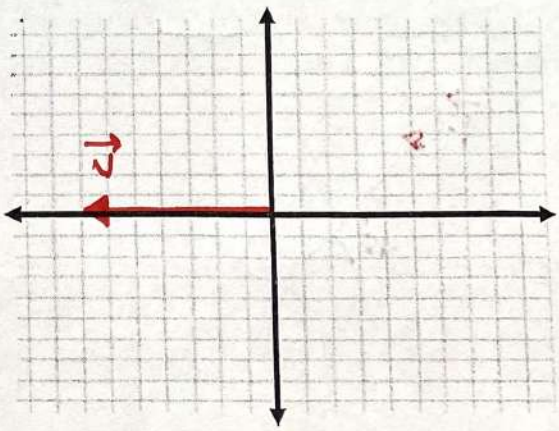


هـ) تسارع مقداره $10\ m/s^2$ في اتجاه يَصنعُ زاويةً مقدارها $50°$ مع محور $-x$

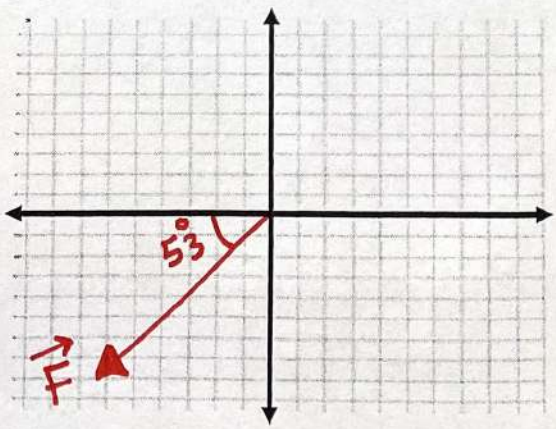
هنا عكس عقارب الساعة



و) سرعة v مقدارها $50\ m/s$ باتجاه محور السينات السالب (نحو الغرب).

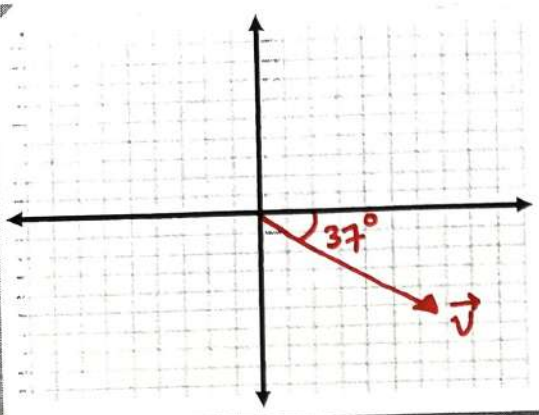


ي) قُوَّةً F مقدارها $0.6\ N$ باتجاه يَصنعُ زاويةً مقدارها $53°$ جنوب الغرب.



تمرين

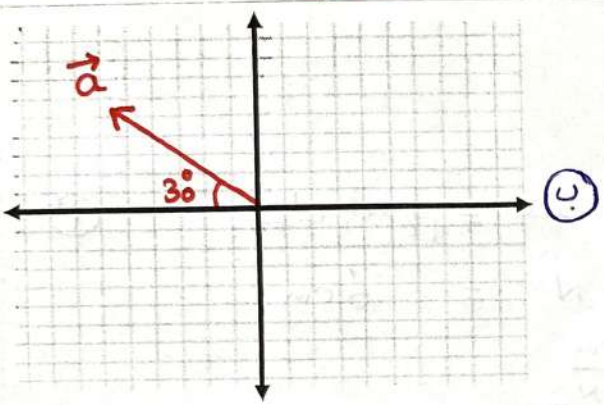
تسيرُ سيارةٌ بسرعةٍ v مقدارُها 80 km/h، في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° جنوبَ الشرقِ. أُمثّلُ مُتّجهَ السرعةِ بيانيًا.

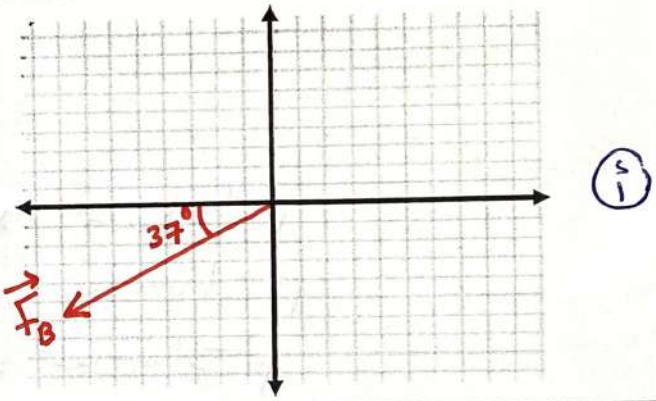


3. أُمَثِّلُ بيانيًا الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . قُوَّةٌ مغناطيسيةٌ مقدارُها 0.25 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° معَ محورِ x-.

ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30° شمالَ الغربِ.



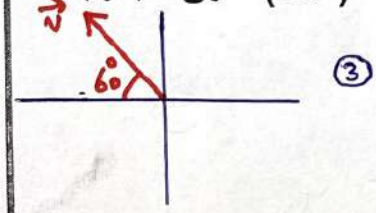


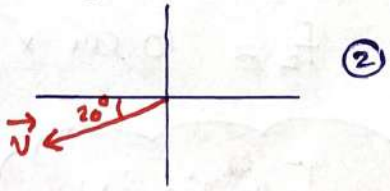
واجب بيتي على الدفتر:

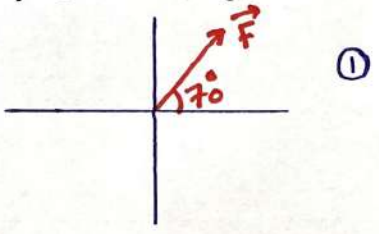
أنقل السؤال الآتي إلأى دفترك ثمّ أجب عليه:

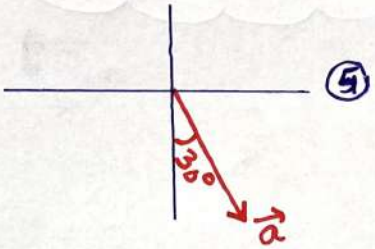
مثّل المُتّجهات الآتية بيانيًا:

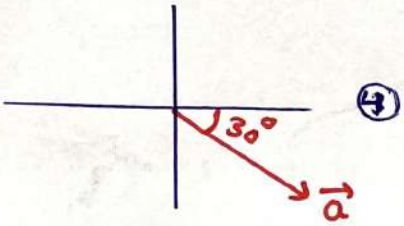
1. قوة مقدارها $(F = 40\ N)$ في اتجاه يصنع زاوية مقدارها (70°) مع محور $(+x)$.
2. سرعة مقدارها $(v = 20\ m/s)$ في اتجاه يصنع زاوية مقدارها (60°) مع محور $(-x)$.
3. سرعة مقدارها $(v = 20\ m/s)$ في اتجاه يصنع زاوية مقدارها (60°) شمال الغرب.
4. تسارع ثابت مقداره $(a = 1.5\ m/s^2)$ في اتجاه يصنع زاوية مقدارها (30°) جنوب الشرق.
5. تسارع ثابت مقداره $(a = 1.5\ m/s^2)$ في اتجاه يصنع زاوية مقدارها (30°) شرق الجنوب.











✓ أتحقَّقُ: كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

الاجابة:

- لتحديد طول السهم ، يُختار مقياس رسم مناسب، ثُمَّ يُحسب طول السهم باستخدام العلاقة الآتية:

طول السهم = مقدار الكمية × مقياس الرسم

السؤال الثاني: مُثِّلت قوة مقدارها 300 N بيانيًا بسهم طوله 6 cm في اتجاه الشمال ، إذا استُعمل مقياس الرسم نفسه في تمثيل قوة أخرى F_2، برسم سهم طوله 10 cm ، في اتجاه يصنع زاوية 37° جنوب الشرق، فجد:

أ. مقياس الرسم المستعمل.

ب. مقدار القوة الثانية F_2

(أ) طول السهم = مقدار الكمية × مقياس الرسم

مقياس الرسم × 300 N = 6 cm

مقياس الرسم = $\frac{6\ cm}{300\ N}$

مقياس الرسم = $\frac{1\ cm}{50\ N}$

(ب) طول السهم = مقدار الكمية × مقياس الرسم

$\frac{1\ cm}{50\ N} * F_2 = 10\ cm$

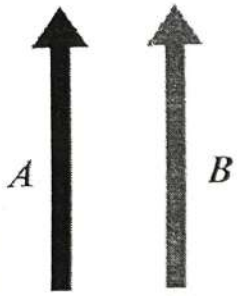
$F_2 = 10\ cm \times \frac{50\ N}{1\ cm}$

$F_2 = 500\ N$

ثالثًا: خصائص المتجهات:

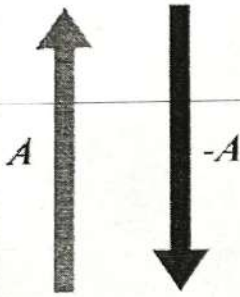
1) تساوي متجهين :

- يتساوى متجهان عندما يكون لهما **المقدار والاتجاه نفساهما**، إضافة إلى أنهما من **النوع نفسه**.
- الفائدة من هذه الخاصية: يمكن نقل المتجه من مكان إلى آخر شرط **المحافظة على ثبات** كلّ من مقداره واتجاهه.



2) سالب (معكوس) المُتّجه :

- هوَ مُتَّجه له مقدارُ المُتَّجِهِ الأصلي نفسه، ولكنَّهُ يعاكسه في الاتجاه.
- إذا كان المتجه يصنع زاوية θ مع المحاور ولتكن جنوب الغرب فإن سالب (معكوس) المتجه يصنع الزاوية نفسها θ ولكن شمال الشرق .
- إذا كان المتجه يصنع زاوية θ مع أحد المحاور وليكن$(+x)$ فإن سالب (معكوس) المتجه يصنع الزاوية نفسها θ ولكن مع $(-x)$.



3) ضرب المتجه C في :

أ) عدد :

1. موجب: ينتج متجه مقداره يساوي مقدار المتجه الأصلي مضروبا في مقدار العدد الموجب ، واتجاهه باتجاه المتجه الأصلي (دون أن ينتج كمية متجهة جديدة أي تبقى وحدة القياس كما هي).
2. سالب: ينتج متجه مقداره يساوي مقدار المتجه الأصلي مضروبا في القيمة المطلقة للعدد السالب، واتجاهه عكس اتجاه المتجه الأصلي (دون أن ينتج كمية متجهة جديدة أي تبقى وحدة القياس كما هي)

ب) كمية قياسية n :

1. موجبة : ينتج متجه جديد (بوحدة جديدة) مقداره يساوي $(n\,\mathbf{C})$ ، واتجاهه باتجاه المتجه $\mathbf{C}$.
2. سالب : ينتج متجه جديد (بوحدة جديدة) مقداره يساوي $(n\,\mathbf{C})$ ، واتجاهه عكس اتجاه المتجه $\mathbf{C}$

أفكّرُ: لماذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ a دائمًا في نفسِ اتجاهِ القُوَّةِ المحصلةِ $\sum F$ ؟

لأن الكتلة m كمية قياسية موجبة دائماً .

منَ الأمثلةِ الفيزيائيةِ على ضربِ المُتَّجِهِ في كميةٍ قياسيةٍ القانونُ الثاني لنيوتن الذي سندرسُهُ لاحقًا؛ إذْ إنَّ مُتَّجِهَ القُوَّةِ المحصلةِ $\sum F$ هوَ حاصلُ ضربِ الكتلةِ m في مُتَّجِهِ التسارُعِ a بحسبِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$\sum F = ma$$

✓ أتحقَّقُ: ما المقصودُ بكلٍّ ممّا يأتي:

- تساوي مُتَّجِهيْنِ؟ متجهان لهما المقدار نفسه والاتجاه نفسه ومن النوع نفسه .
- ضربُ مُتَّجِهٍ في عددٍ سالبٍ؟ متجه جديد مقداره يساوي مقدار المتجه الأصلي مضروباً في القيمة المطلقة للعدد السالب واتجاهه عكس اتجاه المتجه الأصلي .

واجب بيتي على الدفتر:

سؤال: (1) فرع (ب) صفحة (21) من الكتاب

المثالُ 5

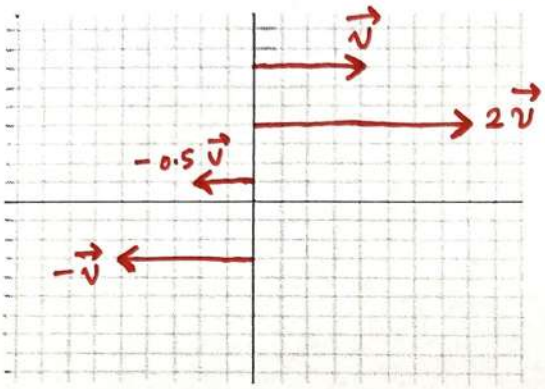
تتحرّكُ عربةٌ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ $\vec{v}$ مقدارُها 40 m/s في اتجاهِ الشرقِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

أ . مُتَّجِهَ السرعةِ $\vec{v}$

ب. المُتَّجِهَ $2\vec{v}$

جـ. المُتَّجِهَ $-0.5\vec{v}$

د . سالبَ المُتَّجِهِ $\vec{v}$

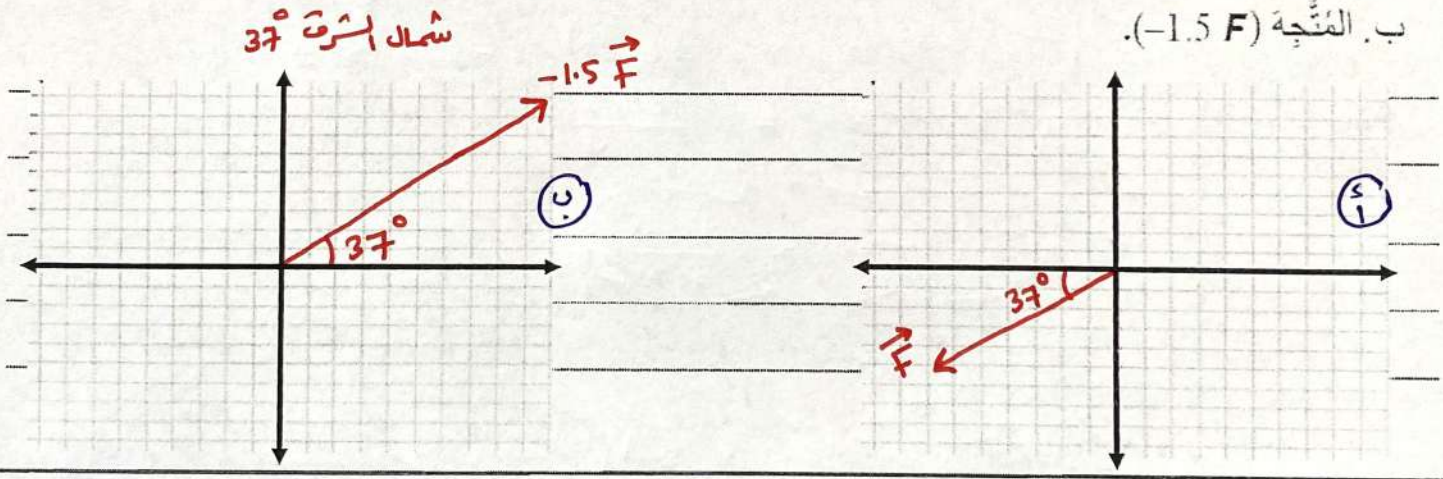


المثالُ 6

تُؤثِّرُ قُوَّةٌ F مقدارُها 250 N في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° جنوبَ الغربِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

أ . مُتَّجِهَ القُوَّةِ F.

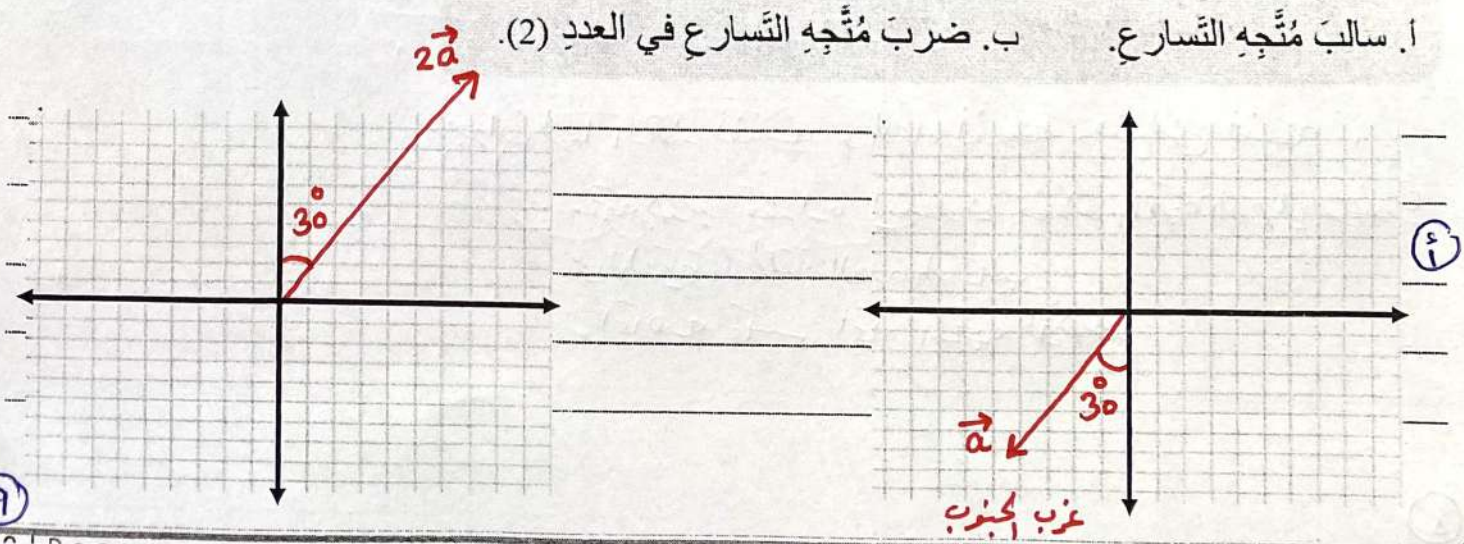
ب. المُتَّجِهَ $(-1.5F)$.



تمرينٌ

تسيرُ سيارةٌ بتسارعٍ ثابتٍ مقداره $3\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30° شرقَ الشمالِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

أ. سالبَ مُتَّجِهِ التَّسارعِ. ب. ضربَ مُتَّجِهِ التَّسارعِ في العددِ (2).

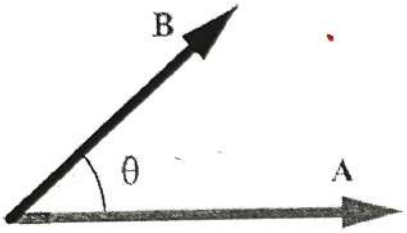


رابعًا: ضرب المُتّجهات:

➢ يوجد نوعان من ضرب متجهين بعضهما في بعض:

❖ أولاً : الضرب القياسي (النقطي) Dot Product :

✓ يعرّف الضرب القياسي لمتجهين (مثل : A و B) بينهما زاوية θ على النحو:



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

$|A|$: مقدار المتجه A

$|B|$: مقدار المتجه B

θ : الزاوية الصغرى بين المتجهين A و B حيث ينطلق المتجهان من النقطة نفسها

(أي أن $0^\circ \le \theta \le 180^\circ$)

✓ الناتج من عملية الضرب القياسي **كمية قياسية** لها **مقدار فقط**.

❑ **من التطبيقات الفيزيائية على الضرب القياسي:**

الشغل (W) وهو حاصل الضرب القياسي لمتجهي القوة والإزاحة.

$$W = F.d = |F|\ |d|\ cos\,\theta$$

❖ **يكون حاصل الضرب القياسي لمتجهين:**

✓ **موجباً** إذا كانت الزاوية **حادة** بين المتجهين ($0^\circ \le \theta \le 90^\circ$).

✓ **سالباً** إذا كانت الزاوية **منفرجة** بين المتجهين ($90^\circ \le \theta \le 180^\circ$).

✓ **صفراً** إذا كان **المتجهان متعامدان** ($\theta = 90^\circ$).

❖ **ملاحظات هامة :**

✓ حاصل الضرب القياسي لمتجه مع نفسه هو: **مربع مقدار المتجه**.

✓ حاصل الضرب القياسي لمتجه مع سالب المتجه نفسه هو: **سالب** مربع مقدار المتجه.

✓ تمتاز عملية الضرب القياسي بالخاصية التبديلية .

✓ يكون لحاصل الضرب القياسي **أكبر قيمة** عندما يكون المتجهان في الاتجاه نفسه ($\theta = 0^\circ$)

حيث: $\cos 0 = 1$.

✓ يكون لحاصل الضرب القياسي نتيجة (صفر) عندما يكون المتجهان متعامدين ($\theta = 90^\circ$) .

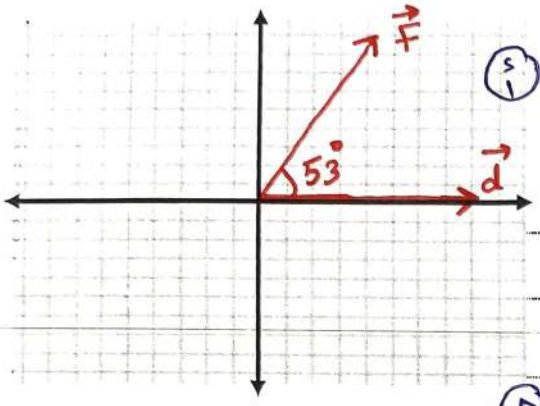
حيث: $\cos 90^\circ = 0$.

أُقارِنُ بينَ ناتجِ كلٍّ منْ: $A.B$، وَ $B.A$.

الإجابة: $\vec{A}.\vec{B} = \vec{B}.\vec{A}$

المثال 7

أثّرَتْ قُوَّةٌ F مقدارُها $120\ N$ في جسمٍ، فحرّكَتْهُ إزاحةٌ d مقدارُها $5\ m$ في اتجاهِ الشرق. إذا علمْتُ أنَّ الشغلَ W الذي تُنجِزُهُ القُوَّةُ F يُعطى بالعلاقةِ: $W = F \cdot d$، وأنَّ الزاويةَ بينَ اتجاهِ F واتجاهِ d ($53°$)، فأُجيبُ عمّا يأتي:



أ . أُمثّلُ المُتّجِهيْنِ F و d بيانيًّا.

ب . هلْ يُعَدُّ الشغلُ W كميةً مُتّجِهةً؟ أُوضّحُ ذلك.

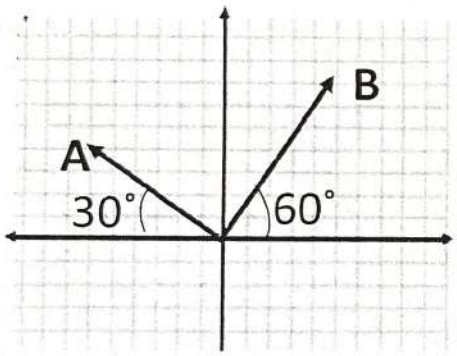
جـ . أَجِدُ مقدارَ الشغلِ الذي أنجزَتْهُ القُوَّةُ.

(ب) لا ، لأنه ناتج من الضرب القياسي (النقطي) لمتجهي القوة والإزاحة .

(جـ) $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$

$= F d \cos\theta = (120)(5)\cos 53 = 360\ J$

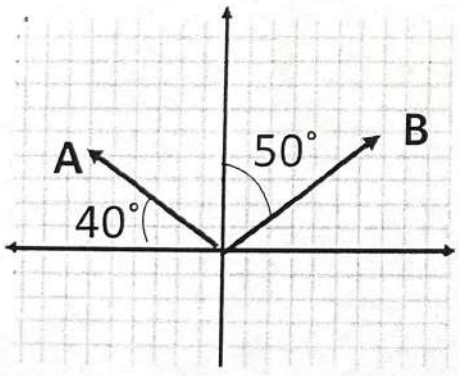
السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :



1) مُعتمدًا على الشكل المجاور، فإن الزاوية بين المتجهين A و B :

أ. $30°$ ب. $60°$

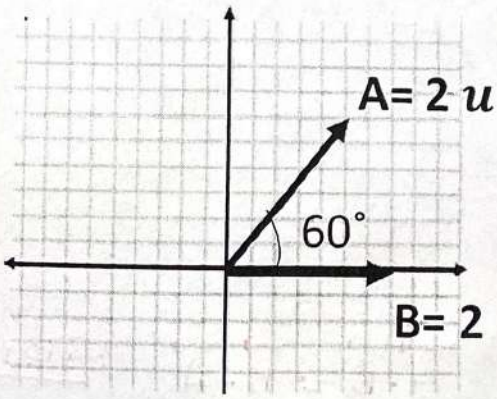
(ج) $90°$ د. $100°$



2) مُعتمدًا على الشكل المجاور ، فإن الزاوية بين المتجهين A و B:

أ. $40°$ ب. $50°$

ج. $90°$ (د) $100°$



3) مُعتمدًا على الشكل المجاور فإن ناتج $-A \cdot B$ يساوي:

أ. $4\ u^2$ ب. $-4\ u^2$

ج. $2\ u^2$ (د) $-2\ u^2$

$-\vec{B} \cdot \vec{A} = -BA\cos\theta$

$= -(2)(2)\cos 60$

$= -4 * 0.5 = -2\ u^2$

السؤال الثاني: لديك المتجهان A و B ، إذا علمت أن مقدار A يساوي $2\ u$ ، ومقدار B يساوي $5\ u$

أجب عما يلي:

1- جد ناتج: $A \cdot B$ عندما تكون الزاوية بين المتجهين:

أ) صفر ..... $\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos 0 = (2)(5)(1) = 10\ u^2$

ب) $60°$ ..... $\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos 60 = (2)(5)(\frac{1}{2}) = 5\ u^2$

ج) $90°$ ..... $\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos 90 = (2)(5)(0) = Zero$

د) $120°$ ..... $\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos 120 = (2)(5)(-0.5) = -5\ u^2$

هـ) $180°$ ..... $\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos 180 = (2)(5)(-1) = -10\ u^2$

2- ما مقدار الزاوية بين المتجهين التي يكون عندها ناتج الضرب القياسي أكبر ما يمكن ؟

$\cos 0 = 1$ لأن $\boxed{\theta = 0°}$

3- احسب $A \cdot A$ ؟ ماذا تستنتج ؟

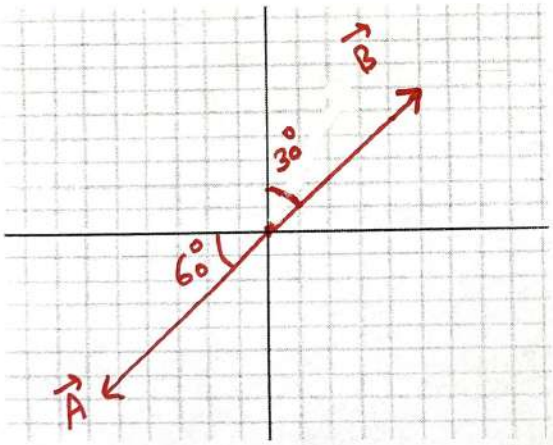
$\vec{A}\cdot\vec{A} = AA\cos 0 = A^2 = 2^2 = 4\ u^2$

ناتج ضرب المتجه مع نفسه ضربًا قياسيًا يساوي مربع مقدار المتجه

السؤال الثالث: لديك المتجهات الآتية :

نعلم أن $\vec{A} = 10\ u$ ، $60°$ جنوب الغرب

$\vec{B} = 5\ u$ ، $30°$ شرق الشمال



1) مثّل المتجهات بشكل تقريبي على الشكل المقابل .

2) جد ناتج ما يلي :

أ) $A \cdot B$

$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta = (10)(5)\cos 180 = (50)(-1) = -50\ u^2$

ب) $B \cdot A$

$\vec{B}\cdot\vec{A} = \vec{A}\cdot\vec{B} = -50\ u^2$

3) من خلال إجابتك عن الفرعين أ وب ، هل يمتاز الضرب القياسي بالخاصية التبديلية ؟ نعم

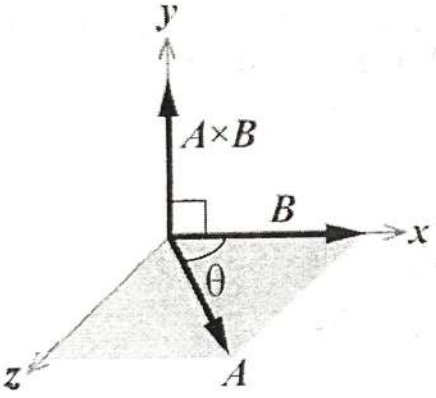
5. أحسُبُ: اعتمادًا على العلاقةِ الآتيةِ للتدفّقِ المغناطيسيِّ Φ: $\Phi = B \cdot A$،

أحسُبُ مقدارَ التدفُّقِ المغناطيسيِّ Φ عندما تكونُ $A = 2 \times 10^{-6}\ m^2$ ، $B = 0.1\ Tesla$، ومقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ A وَ B تساوي $45°$.

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$
$$= B\ A\ \cos\theta$$
$$= (0.1)(2 \times 10^{-6})\ \cos 45 \qquad \cos 45 = 0.7$$
$$= (1 \times 10^{-1})(2 \times 10^{-6})(7 \times 10^{-1})$$
$$= 14 \times 10^{-8}$$
$$= 1.4 \times 10^{-7}\ Tesla \cdot m^2$$

❖ **ثانياً : الضرب المتجهي (التقاطعي) Cross Product :**

✓ ناتج الضرب المتجهي لمتجهين (مثل : A و B) بينهما زاوية θ يكتب في صورة (A × B) ويكون **كمية متجهة** لها مقدار واتجاه.



❑ **يعطى مقدار الضرب المتجهي على النحو الآتي :**

$$|A \times B| = |A|\,|B|\,\sin\theta$$

❖ حيث:

✓ $|A \times B|$: مقدار ناتج الضرب المتجهي للمتجهين (A وَ B)

✓ $|A|$: مقدار المتجه A

✓ $|B|$: مقدار المتجه B

✓ θ : الزاوية الصغرى بين المتجهين A و B حيث ينطلق المتجهان من النقطة نفسها (أي أنّ $0° \le \theta \le 180°$)

❑ **من التطبيقات الفيزيائية على الضرب المتجهي :**

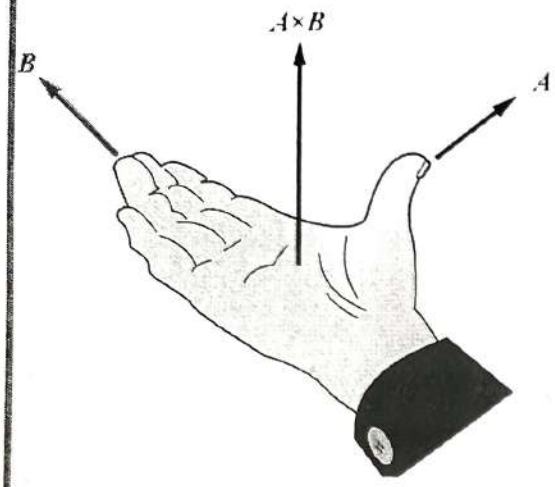
1) عزم القوة τ وهو حاصل الضرب المتجهي لمتجه القوة F ، ومتجه الموقع r ويعطى بالعلاقة:

$$\tau = r \times F$$

2) القوة المغناطيسية F المؤثرة في شحنة كهربائية q متحركة بسرعة v في مجال مغناطيسي B وتعطى بالعلاقة:

$$F = q\,(v \times B)$$

❑ لتحديد اتجاه حاصل الضرب المتجهي $(A \times B)$ ، نستخدم قاعدة كف اليد اليمنى.



❖ حيث:

✓ يشير الإبهام إلى اتجاه المتجه الأول (A).

✓ تشير الأصابع إلى اتجاه المتجه الثاني (B).

✓ يكون اتجاه المتجه الناتج من حاصل ضرب المتجهين (A وَ B) عمودياً على الكف وخارجاً منها (دائماً متعامد مع كلٍ من اتجاه المتجهين (A وَ B)

❖ **ملاحظات هامة :**

✓ حاصل الضرب المتجهي لمتجه مع نفسه يساوي **صفر.**

✓ حاصل الضرب المتجهي لمتجه مع سالب المتجه نفسه يساوي **صفر.**

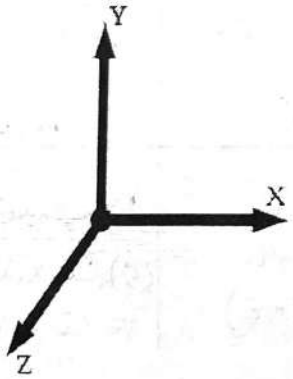
✓ يكون لحاصل الضرب المتجهي **أكبر قيمة** عندما يكون المتجهان متعامدين($\theta = 90^\circ$) .

✓ يكون لحاصل الضرب المتجهي **أقل قيمة** (صفر) عندما يكون المتجهان متوازيين (180° أو $\theta = 0^\circ$) .

✓ يكون مقدار حاصل الضرب المتجهي **دائماً موجب أو صفر** .

✓ لا تمتاز عملية الضرب المتجهي بالخاصية التبديلية حيث أن $(A \times B) = - (B \times A)$

✓ إذا كان المتجهين (A وَ B) في مستوى الصفحة ($x - y$) فإن اتجاه ناتج الضرب المتجهي يكون دائماً باتجاه z أي عمودي على الصفحة وقد يكون :



أ) عمودي على الصفحة للخارج ، $+z$ ، ⊙ ، نحو الناظر

(عند الدوران من المتجه الأول إلى المتجه الثاني عكس عقارب الساعة).

ب) عمودي على الصفحة للداخل ، $-z$ ، ⊗ ، بعيداً عن الناظر

(عند الدوران من المتجه الأول إلى المتجه الثاني مع عقارب الساعة).

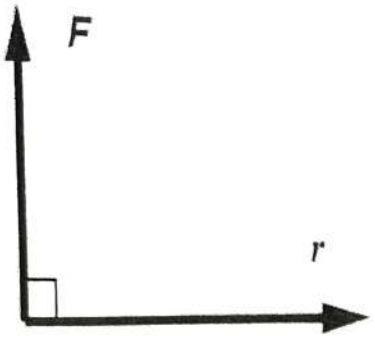
أفكّرُ: إذا أشارَتِ الأصابعُ إلى المُتَّجِهِ A، وأشارَ الإبهامُ إلى المُتَّجِهِ B، فهلْ تتغيَّرُ نتيجةُ الضربِ المُتَّجِهيِّ؟ أُوضِّحُ ذلكَ.

الإجابة: نعم إذ ينعكس اتجاه ناتج الضرب المتجهي أما المقدار فلا يتغير.

واجب بيتي على الدفتر:

سؤال: (1) فرع (ج) صفحة (21) من الكتاب

المثال 8



في الشكل (14)، إذا كانَ $F = 250\ N$، و $r = 0.4\ m$، فأجيبُ عمّا يأتي:

أ . أجِدُ مقدارَ عزمِ القُوَّةِ ($r \times F$)، واتجاهَهُ.

ب. إذا تغيَّرَتِ الزاويةُ بينَ r و F لتصبحَ $45°$، فما مقدارُ $r \times F$، واتجاهُهُ؟

(أ) $\vec{r} \times \vec{F} = rF \sin\theta$

$= (0.4)(250) \sin 90 = 100\ N.m\ (+Z)$

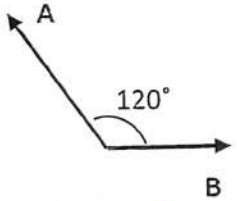
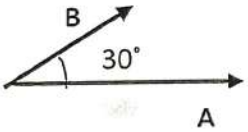
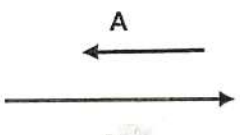
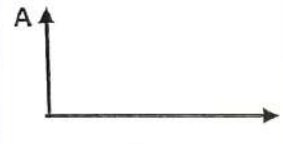
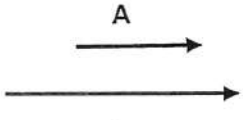
(ب) $\vec{r} \times \vec{F} = rF \sin\theta$

$= (0.4)(250) \sin 45 = 70\ N.m\ (+Z)$

السؤال الأول: لديك المتجهان A و B ، إذا علمت أن مقدار A يساوي $2\ u$ ، ومقدار B يساوي $5\ u$

أجب عما يلي :

1) احسب $A \times B$ في الحالات الآتية :

				
$\theta = 120°$	$\theta = 30°$	$\theta = 180°$	$\theta = 90°$	$\theta = 0$
$BA \sin\theta$ $(5)(2) \sin 120$ $(5)(2)(0.87)$ $= 8.7\ u^2\ (+Z)$	$BA \sin\theta$ $(5)(2) \sin 30$ $= 5\ u^2\ (-Z)$	$BA \sin\theta$ $(5)(2) \sin 180$ $= Zero$	$BA \sin\theta$ $(5)(2) \sin 90$ $= 10\ u^2\ (+Z)$	$BA \sin\theta$ $(5)(2) \sin 0$ $= Zero$

2) ما مقدار الزاوية بين المتجهين التي يكون عندها ناتج الضرب المتجهي أكبر ما يمكن ؟

$\theta = 90°$

3) ما مقدار الزاوية بين المتجهين التي يكون عندها ناتج الضرب المتجهي يساوي صفراً ؟

$\theta = 180°$ و $\theta = 0°$

4) احسب $A \times A$ ؟ ماذا تستنتج ؟

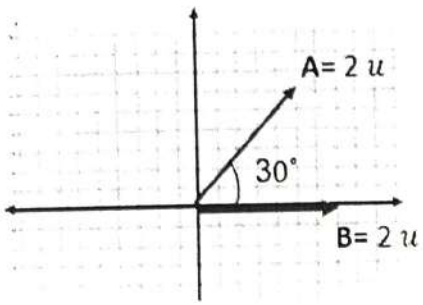
$\vec{A} \times \vec{A} = AA \sin 0$

$= Zero$

ناتج ضرب متجه مع نفسه ضربًا متجهيًا (تقاطعيًا) يساوي صفرًا .

السؤال الثاني: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في الجُملة الآتية :

اعتماداً على الشكل المجاور فإن ناتج $-B \times A$ يساوي :



(a) $4\ u^2$ باتجاه $+z$

(b) $-4\ u^2$ باتجاه $-z$

(c) $2\ u^2$ باتجاه $+z$

(d) $2\ u^2$ باتجاه $-z$

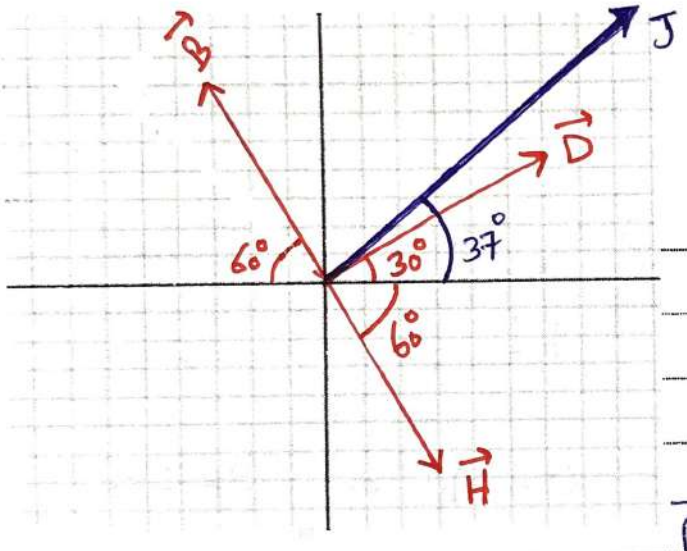
$-\vec{B} \times \vec{A} = -BA \sin\theta$

$= -(2)(2)\sin 30 = -2\ u^2 \Rightarrow 2u^2\ (-z)$

السؤال الثالث: لديك المُتجهات الآتية :

$\mathbf{B} = 10$ u , $60°$ شمال الغرب ، $\mathbf{J} = 20$ u , $37°$ شمال الشرق

$\mathbf{D} = 10$ u , $30°$ شمال الشرق ، $\mathbf{H} = 10$ u , $60°$ جنوب الشرق



1) مثل المتجهات بشكل تقريبي على الشكل المقابل .

2) جد ناتج ما يلي :

أ) $\mathbf{B} \times \mathbf{H}$

$\vec{B} \times \vec{H} = BH \sin\theta$

$= (10)(10)\sin 180$

$=$ Zero

ب) $\mathbf{B} \times \mathbf{D}$

$\vec{B} \times \vec{D} = BD \sin\theta$

$= (10)(10)\sin 90$

$= 100\ u^2\ (-z)$

ج) $\mathbf{-D \times D}$

$-\vec{D} \times \vec{D} = -DD \sin 0$

$=$ Zero

د) $\mathbf{H \times J}$

$\vec{H} \times \vec{J} = HJ \sin\theta$

$= (10)(20)\sin 97$

$= 200\ (0.992)$

$= 198.4\ u^2\ (+z)$

(16)

تمرين

مُتَّجِهانِ: A و B، مقدارُ كلٍّ منْهُما 20 u (الرمزُ u يعني وحدةُ unit).

أَجِدُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . $A \cdot B = 320$ u

ب . $|A \times B| = 200$ u

(أ) $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos\theta = 320$

$(20)(20)\cos\theta = 320$

$400 \cos\theta = 320$

$\cos\theta = 0.8$

$\theta = 37^\circ$

(ب) $\vec{A} \times \vec{B} = 200$

$AB \sin\theta = 200$

$(20)(20)\sin\theta = 200$

$400 \sin\theta = 200$

$\sin\theta = 0.5$

$\theta = 30^\circ$

4. ما مقدارُ الزاويةِ بينَ الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ F و L في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . $F \times L = 0$؟ ب . $F \cdot L = 0$؟ بافتراضِ أنَّ ($L \neq 0$ و $F \neq 0$).

(أ) $\vec{F} \times \vec{L} = 0$

$FL \sin\theta = 0$

$\sin\theta = 0$

$\theta = 0^\circ$ or $\theta = 180^\circ$

(ب) $\vec{F} \cdot \vec{L} = 0$

$FL \cos\theta = 0$

$\cos\theta = 0$

$\theta = 90^\circ$ or $\theta = 270^\circ$

8. أحسُبُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: F و r، التي يتساوى عندَها مقدارُ الضربِ القياسيِّ ومقدارُ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ؛ أيْ إنَّ: $|r \times F| = r \cdot F$.

$\vec{r} \times \vec{F} = \vec{r} \cdot \vec{F}$

$rF \sin\theta = rF \cos\theta$

$\sin\theta = \cos\theta$

$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = 1$

$\tan\theta = 1$

$\theta = \tan^{-1}(1) \Rightarrow \boxed{\theta = 45^\circ}$