# أولمبيـــــاد العلوم
# والرياضيات الوطني

الفيزياء-المرحلة الأولى

# قائمة المحتويات CONTENTS

1 الفيزياء وطبيعتها physics and its nature ..... 5
1.1 ما هي الفيزياء؟ WHAT IS PHYSICS? ..... 5
1.2 الفيزياء والظواهر الطبيعية PHYSICS AND NATURAL PHENOMENA ..... 6
1.3 الفيزياء والعلوم الأخرى PHYSICS AND OTHER SCIENCES ..... 6
1.4 الفيزياء والرياضيات PHYSICS AND MATH ..... 6
1.5 الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة BASIC AND DERIVATIVE PHYSICS QUANTITIES ..... 7
1.6 الوحدات في الفيزياء UNITS IN PHYSICS ..... 8
1.6.1 تحويل الوحدات CONVERSION OF UNITS ..... 10
1.6.2 البادئات PREFIXES ..... 10
1.7 الأرقام المعنوية SIGNIFICANT DIGITS ..... 12
1.8 تمارين Exercises ..... 12
2 مقدمة في الموائع INTRODUCTION TO FLUIDS ..... 14
2.1 ما هي الموائع؟ WHAT ARE FLUIDS? ..... 14
2.2 الكتلة والحجم والكثافة MASS, VOLUME, AND DENSITY ..... 14
1.1.1 تعريف الكثافة DEFINITION OF DENSITY ..... 15
2.3 الضغط PRESSURE ..... 16
2.3.1 تعريف الضغط DEFINITION OF PRESSURE ..... 17
2.3.2 الضغط في الموائع PRESSURE IN FLUIDS ..... 18
2.4 التعرض للغلاف الجوي THE EXPOSURE OF THE ATMOSPHERE ..... 19
2.5 مبدأ باسكال PASCAL'S PRINCIPLE ..... 19
2.5.1 المكبس الهيدروليكي Hydraulic Press ..... 20
2.6 مبدأ أرخميدس ARCHIMEDES' PRINCIPLE ..... 21
2.6.1 تجربة للتحقق من مبدأ أرخميدس: Experiment to verify Archimedes' Principle ..... 21
2.7 تمارين Exercises ..... 22
3 الحركة في بعد واحد MOTION IN ONE DIMENSION ..... 24

3.1 الكميات القياسية والكميات المتجهةSCALAR AND VECTOR QUANTITIES ..... 24
3.2 الكميات المتجهة في ثلاثة أبعادVECTOR QUANTITIES IN THREE DIMENSIONS ..... 24
3.3 الحركةMOTION ..... 25
3.3.1 الموضعPOSITION ..... 25
3.3.2 المسافة والإزاحةDISTANCE AND DISPLACEMENT ..... 25
3.3.3 السرعة والسرعة المتجهةSpeed and velocity ..... 27
3.3.4 التسارع ACCELERATION ..... 28
3.4 الحسابات البيانيةGRAPHICS CALCULATIONS ..... 28
3.4.1 الرسم البياني للموضع والزمنThe position-time graph ..... 28
3.4.2 الرسم البياني للسرعة والزمنThe speed-time graph ..... 29
3.4.3 الرسم البياني للسرعة المتجهة والزمنThe velocity-time graph ..... 29
3.4.4 الرسم البياني للتسارع والزمنThe acceleration-time graph ..... 30
3.5 معادلات الحركةEQUATIONS OF MOTION ..... 31
3.5.1 مهارات حل المشكلات باستخدام معادلات الحركة ..... 32
3.6 السقوط الحرFREE FALL ..... 32
3.7 تمارينExercises ..... 33
4 المتجهات في بعدينVector in Two Dimensions ..... 35
4.1 جمع المتجهات في بعدينAdding Vectors in two Dimensions ..... 35
4.1.1 طريقة الذيل للرأسTail to Head Method ..... 36
4.1.2 طريقة متوازي الأضلاعParallelogram Method ..... 37
4.1.3 طريقة متعدد الأضلاعPolygon Method ..... 37
4.1.4 جمع المتجهات بالمركباتAdding Vectors by Components ..... 40
4.1.5 جمع المتجهات بطريقة متجهات الوحدةVector Addition Using the Unit Vector Method .... 43
4.2 ضرب المتجهاتVector multiplication ..... 46
4.2.1 الضرب القياسي Scalar Product (Dot Product) ..... 46
4.2.2 الضرب القياسي باستخدام متجهات الوحدةScalar Product by Unit Vectors ..... 47
4.2.3 الضرب الاتجاهيVector Product (Cross Product) ..... 47
4.2.4 الضرب الاتجاهي باستخدام متجهات الوحدةVector Product by Unit Vectors ..... 48

5 الحركة في بعدين Motion in Two Dimensions ..... 50
5.1 متجهات الإزاحة والسرعة والتسارع في الحركة في بعدين Displacement, Velocity, Acceleration Vectors in Motion in Two Dimensions ..... 51
5.2 الحركة في بعدين بتسارع ثابت Two-Dimensional Motion with Constant Acceleration 52
6 حركة المقذوفات Projectile Motion ..... 55
6.1 أسئلة إضافية Additional problems ..... 62
7 اختبار تجريبي Simulation test ..... 65

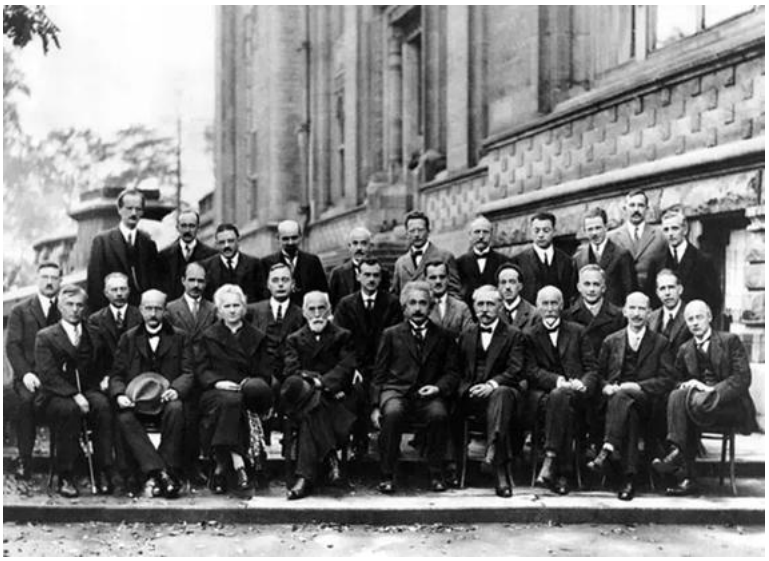
# 1 الفيزياء وطبيعتها PHYSICS AND ITS NATURE

حاول الإنسان القديم منذ القدم فهم الظواهر الطبيعية من حوله والتحكم فيها، مثل حركة الأجسام وإشعال النار، فابتكر أدوات تساعده على تحريك الأجسام الثقيلة وطرقا لإشعال النار والاستفادة منها، وصنع أدوات تساعده على حماية نفسه من الحيوانات المفترسة ولاصطياد الفرائس وإنجاز أعماله وتسهيل حياته.

ببساطة، ما فعله هو الفيزياء بأوسع معانيها. في هذا الفصل، ستتعرف على الفيزياء وطبيعتها.

## 1.1 ما هي الفيزياء؟ WHAT IS PHYSICS?

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة "الفيزياء"؟ ربما تتخيل سبورة مكتوب عليها العديد من المعادلات الرياضية الفيزيائية، أو ربما تتذكر صورا لفيزيائيين مشهورين سمعت عنهم كثيرا، مثل إسحاق نيوتن أو ألبرت أينشتاين، وربما تفكر في العديد من التطبيقات التقنية التي طورتها الفيزياء، مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة وأجهزة الاتصال الحديثة والأقمار الصناعية وغيرها الكثير.



أذكى صورة في التاريخ، التقطت في مؤتمر سولفاي عام 1927، وجمعت عددا كبيرا من أشهر الفيزيائيين، مثل أينشتاين وماري كوري وديراك وهايزنبرغ وبولي وشرويدنجر وبور وكومبتون وغيرهم.

في الواقع، ما تخيلته صحيح إلى حد ما ويظهر جوانب مهمة من الفيزياء، ولكن الفيزياء بمعناها الأوسع هي: فرع من العلوم يهتم بدراسة العالم الطبيعي والمادة والطاقة وكيفية ارتباطها ببعضها البعض.

فكر 1.1:

ماذا نعني بالمادة، وماذا نعني بالطاقة؟ أعط أمثلة على كل منهما. هل يمكنك سرد بعض الاختلافات بينهما؟

كلمة "فيزياء" مشتقة من الكلمة اليونانية "φύσις" (فيزيكا)، والتي تعني "الطبيعة". لذا، فإن الفيزياء هي أحد أهم جوانب حياتنا. مهما فعلنا، فإن الفيزياء موجودة. نحن نطبق مبادئ الفيزياء في أنشطة حياتنا اليومية.

## 1.2 الفيزياء والظواهر الطبيعية PHYSICS AND NATURAL PHENOMENA

تظهر العلاقة بين المادة والطاقة في الظواهر الطبيعية من حولنا، مثل حركة الأجسام، والبرق، والصواعق، والجاذبية المغناطيسية للأشياء، وأمواج الماء، وغيرها الكثير. تهدف الفيزياء بشكل أساسي إلى:

1. فهم وشرح هذه الظواهر من خلال تطوير القوانين والنظريات. ومن الأمثلة على ذلك ما فعله العالم إسحاق نيوتن في تطوير معادلات وقوانين الحركة، مما ساعدنا كثيرا في الحساب الرياضي لسرعة جسم ما بعد مرور فترة زمنية معينة، وفي حساب القوة الصافية المؤثرة عليه.
2. توظيف فهم الظواهر الطبيعية في صناعة التطبيقات الحديثة. مثل صنع السيارات والطائرات والمركبات الفضائية ومانعات الصواعق وغيرها.
3. التنبؤ بالظواهر الطبيعية ونتائجها المستقبلية. مثال: التنبؤ بأوقات الكسوف والزلازل وبنية الكون وغيرها.

تدريب 1.1: ذكرنا سابقا أن الفيزياء تدرس العلاقة بين المادة والطاقة. في تجربته الشهيرة، درس نيوتن تحلل طيف الضوء الأبيض باستخدام منشور زجاجي. ما هي المادة التي درسها نيوتن، وما هي الطاقة، وكيف كانت العلاقة بينهما؟

## 1.3 الفيزياء والعلوم الأخرى PHYSICS AND OTHER SCIENCES

لأكثر من ألفي عام، كانت الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا وبعض فروع الرياضيات جزءا من الفلسفة الطبيعية، ولكن خلال الثورة العلمية في القرن السابع عشر، انفصلت هذه العلوم عن بعضها البعض ولكنها ظلت مرتبطة ارتباطا وثيقا. الفيزياء هي العلم الأساسي لأنها تدرس الطبيعة بشكل عام وتوفر الأساس لجميع العلوم الأخرى. كما أنها تصنع أجهزة القياس وتخترع التطبيقات التقنية التي تفيد هذه العلوم. كن فخورا بدراستك للفيزياء.

أصبحت التكنولوجيا الكمومية (Quantum Technology) من أهم المجالات وأكثرها إثارة والتي تجمع بين علوم مثل الفيزياء والبيولوجيا والكيمياء والهندسة والعديد من المجالات الأخرى. أعطت هذه التكنولوجيا أملا كبيرا في حدوث ثورات علمية في المستقبل القريب، حيث ستغير اتجاه التكنولوجيا في العديد من الصناعات.

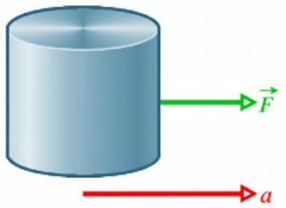
## 1.4 الفيزياء والرياضيات PHYSICS AND MATH

ترتبط الفيزياء ارتباطا وثيقا بالرياضيات، ويمكن وصف العلاقة بينهما بإيجاز على النحو التالي: الرياضيات هي لغة الفيزياء في التعبير الدقيق لوصفها وتفسيرها للظواهر الطبيعية.

تظهر هذه العلاقة في عدة أشكال، أهمها:

1. تستخدم الفيزياء المعادلات الرياضية لتوضيح العلاقة بين الكميات الفيزيائية، أو لحساب الكميات المجهولة، على سبيل المثال:

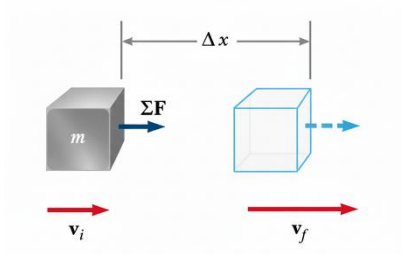
A. $\sum \boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$ قانون نيوتن الثاني للحركة




ينص على أن: تسارع جسم ما يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة عليه ويتناسب عكسيا مع كتلته.

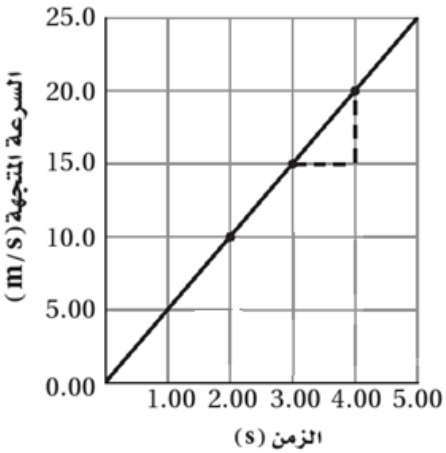
ملاحظة: التسارع يعني مقدار تغير السرعة في كل ثانية.

B. $v_f = v_i + a_x t$ معادلة الحركة في خط مستقيم




هي معادلة مهمة تساعدنا في إيجاد السرعة اللحظية لجسم $\boldsymbol{v_f}$ عند زمن معين $t$ من خلال معرفة سرعته الأولية $\boldsymbol{v_i}$ وتسارعه $\boldsymbol{a_x}$.

2. تستخدم الفيزياء الرسوم البيانية الرياضية كثيرا من أجل وصف بعض الظواهر والأحداث بدقة، على سبيل المثال، يحدد الرسم البياني المقابل كيف تتغير السرعة $v$ لجسم يتحرك في خط مستقيم مع الزمن $t$، ومن خلال الرسم البياني يمكنك حساب سرعة الجسم في كل لحظة زمنية موضحة في الرسم البياني، ويمكنك أيضا استنتاج أن العلاقة بينهما متناسبة (تزدادان معا بانتظام).



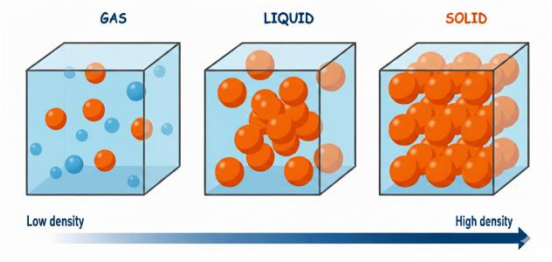
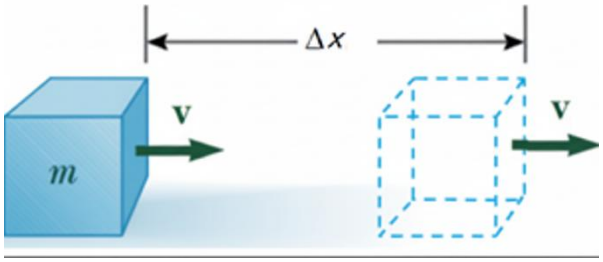

## 1.5 الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة BASIC AND DERIVATIVE PHYSICS QUANTITIES

تدرس الفيزياء خصائص المادة، والتي نسميها "الكميات الفيزيائية".

الكميات الفيزيائية تصنف إلى نوعين:

| الكميات الأساسية | الكميات المشتقة |
|---|---|
| وهي الكميات المحددة بذاتها وتشكل أساسا لاشتقاق الكميات الأخرى. | وهي الكميات المحددة بواسطة كميات أساسية أخرى. |
| مثال: الطول (المسافة)، الكتلة، درجة الحرارة | مثال: السرعة، الكثافة. |

تدريب 1.2: حاول تعريف السرعة والكثافة من خلال الكميات الأساسية الأخرى.

| الكثافة | السرعة |
|---|---|
|  |  |





## 1.6 الوحدات في الفيزياء UNITS IN PHYSICS

لنفترض أن صديقك سألك عن المسافة بين منزلك ومنزل جدك، وأجبت أن المسافة 200. هل هذه الإجابة كافية لفهم المسافة بينهما بدقة؟ بالطبع لا، فقد تكون المسافة 200 متر (200 m) أو 200 كيلومتر (200 km) أو 200 ميل (200 mile). نسمي المتر والكيلومتر والميل وحدات قياس، وهي ضرورية، كما لاحظت، لتحديد المسافة بدقة. في الواقع، هذا هو الفرق الأساسي بين الرياضيات والفيزياء. تتعامل الرياضيات مع الأرقام المجردة، بينما تهتم الفيزياء بالوحدة بالإضافة للقيمة العددية لأي قياس.

تم الاتفاق على إنشاء نظام قياس دولي يسمى "النظام الدولي للوحدات" بهدف توحيد وحدات القياس في جميع أنحاء العالم، ويشار إليه بالرمز (SI). حدد هذا النظام سبع كميات أساسية في الفيزياء مع تعريف وحدات قياسها، وهذه الكميات هي:

| الكمية الأساسية | | الوحدة الأساسية | |
|---|---|---|---|
| الاسم | الرمز | الاسم | الرمز |
| | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| الطول | $l$ | متر | **m** |
| الكتلة | $m$ | كيلوغرام | **kg** |
| الوقت | $t$ | الثانية | **s** |
| التيار الكهربائي | $I$ | أمبير | **A** |
| درجة الحرارة | $T$ | كلفن | **K** |
| كمية المادة | $n$ | مول | **mol** |
| شدة الإضاءة | $E$ | كانديلا | **Cd** |

لاحظ أن رموز الكميات الفيزيائية تكتب بأحرف مائلة، بينما تكتب رموز الوحدات الفيزيائية بأحرف غير مائلة.

معلومة اثرائية: في عام 1120 م، أصدر ملك إنجلترا مرسوما يقضي بأن يسمى معيار الطول في بلاده باليادرة، وأن يكون مساويا تماما للمسافة من طرف أنفه إلى نهاية ذراعه الممدودة. وبالمثل، كان المعيار الأصلي للقدم الذي اعتمده الفرنسيون هو طول القدم الملكية للملك لويس الرابع عشر. ساد هذا المعيار حتى عام 1799، عندما أصبح المعيار القانوني للطول في فرنسا هو المتر.

الكميات الفيزيائية غير الأساسية هي كميات مشتقة، وتتكون وحداتها من وحدتين أو أكثر من الوحدات الفيزيائية الأساسية، مثل السرعة ($\mathrm{ms}^{-1}$) والتسارع ($\mathrm{ms}^{-2}$) والكثافة ($\mathrm{kg \cdot m}^{-3}$) وغيرها الكثير.

بعض وحدات الكميات المشتقة طويلة نسبيا، ولتقصيرها، تمت تسميتها بأسماء العلماء الذين ساهموا في تطويرها، ثم تم أخذ الحرف الأول من اسم العالم باللغة الإنجليزية بحرف كبير للتعبير عن تلك الوحدة، على سبيل المثال، تمت تسمية وحدة قياس القوة "نيوتن" نسبة إلى العالم نيوتن، وتم اختصارها على هذا النحو (N).

تدريب 1.3: يستخدم سخان كهربائي لغلي الماء. عند تشغيل المفتاح، ينتج التيار الكهربائي في عنصر التسخين طاقة حرارية. ترتفع درجة حرارة الماء بشكل مطرد حتى يبدأ في الغليان بعد 15 دقيقة. إذا تم استخدام سخان آخر بقدرة أكبر، فإن الوقت المستغرق لغلي نفس حجم الماء سيكون أقل من 15 دقيقة. من الوصف أعلاه، حدد الكميات الفيزيائية. ثم صنف هذه الكميات إلى كميات أساسية وكميات مشتقة.

### 1.6.1 تحويل الوحدات CONVERSION OF UNITS

الفكرة الأساسية للتحويل هي الضرب في معامل التحويل، وهو كسر قيمته واحد، ويكتب للسماح بتقصير الوحدات. مثال: معاملات التحويل بين الكيلوغرامات والغرامات، والدقائق والثواني:

$$1 = \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \text{ , } 1 = \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}}$$
$$1 = \frac{1\ min}{60\ s} \text{ , } 1 = \frac{60\ s}{1\ min}$$

تدريب 1.4: حوّل ما يلي:

500g إلى kg.

24 دقيقة إلى ثواني.

$30\ \text{ms}^{-1}$ إلى $\text{km h}^{-1}$.

### 1.6.2 البادئات PREFIXES

في الفيزياء، نحتاج أحيانا إلى كتابة قيم الكميات الفيزيائية باستخدام البادئات، خاصة القيم الكبيرة جدا أو الصغيرة جدا، لتسهيل كتابتها وفهمها بشكل أوضح.

على سبيل المثال،30000 m بالمتر، يمكننا كتابتها بالكيلومتر على النحو التالي:30 km.

كذلك،0.000001 s بوحدة الثواني، يمكننا كتابتها بوحدة ميكروثانية على النحو التالي: 1 µs

يوضح الجدول بعض البادئات المستخدمة في الفيزياء:

البادئات الصغيرة

| الاسم | الرمز | القيمة |
|---|---|---|
| سنتي | c | $10^{-2}$ |
| ميلي | $m$ | $10^{-3}$ |
| ميكرو | µ | $10^{-6}$ |
| نانو | n | $10^{-9}$ |

البادئات الكبيرة

| القيمة | الرمز | الاسم |
|---|---|---|
| $10^3$ | k | كيلو |
| $10^6$ | M | ميغا |
| $10^9$ | G | جيجا |

لكتابة القيم مع أو بدون البادئات، نستخدم معامل التحويل:

1. لإضافة البادئة: $\frac{\text{البادئة التى نريد كتابتها}}{\text{قيمة البادئة}}$

2. لإزالة البادئة: $\frac{\text{قيمة البادئة}}{\text{البادئة التي نريد حذفها}}$

تدريب 1.5 :

اكتب 2 µs بوحدة الثواني.

اكتب $6.7 \times 10^{-8}$g بوحدة (ng).

اكتب 0.7ng بوحدة (kg).

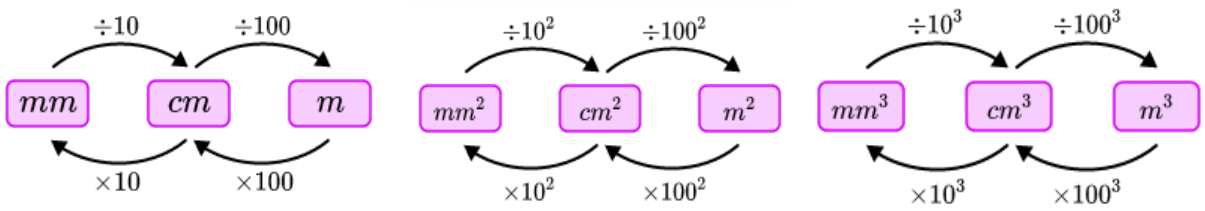
من المفيد أيضا أن تتعرف على قواعد التحويل بين وحدات الطول والمساحة والحجم:

وحدات الطول: $1\text{m} = 10^2\text{cm} = 10^3\text{mm}$

وحدات المساحة: $1\text{m}^2 = 10^4\text{cm}^2 = 10^6\text{mm}^2$

وحدات الحجم: $1\text{m}^3 = 10^6\text{cm}^3 = 10^9\text{mm}^3$

اللتر: $1\text{L} = 10^3\text{cm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$




## 1.7 الأرقام المعنوية SIGNIFICANT DIGITS

القياسات الناتجة عن استخدام الأدوات والأجهزة تقريبية، لذا يتم كتابتها على شكل أرقام معنوية، والرقم الأخير على اليمين في نتيجة القياس غير مؤكد. للتوضيح، الأرقام "المعنوية" هي الأرقام الموثوقة في القياس.

على سبيل المثال، لقياس جسم ما، يعطي المسطرة التي يبلغ طولها مترا واحدا قياسا يمكن التعبير عنه على النحو التالي:24.5cm . ومع ذلك، باستخدام مسطرة أكثر دقة، يمكننا التعبير عن القياس على النحو التالي:24.45cm . الرقم الإضافي ليس عشوائيا ولكن له معنى؛ وهذا يعني أنه في الفيزياء، 20m و 20.0m ليسا متماثلين!

عند ضرب أو قسمة كميات متعددة، يجب أن يكون للنتيجة نفس عدد الأرقام المعنوية للقياس الذي يحتوي على أقل عدد من الأرقام المعنوية.

## 1.8 تمارين EXERCISES

1. تسير سيارة بسرعة $90\ \text{km h}^{-1}$ . حوّل هذه السرعة إلى $\text{m s}^{-1}$.
2. اكتب $5\ \text{L}$ بوحدة $\text{mm}^3$
3. كم ميكرومتر يشكل 1.0km؟
4. كثافة الماء هي $1\ \text{g cm}^{-3}$. ما قيمتها بوحدة $\text{kg m}^{-3}$ ؟
5. اكتب القيمة $0.0056\ \text{m}$ باستخدام بادئة SI مناسبة.
6. قم بإجراء الحساب وقرب النتيجة إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية:
   $3.2\ \text{m} \times 12.45\ \text{m}$.
7. قم بإجراء الحساب وقرب النتيجة إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية:
   $105.4\ \text{g} \div 25.2\ \text{mL}$. أجب أيضا بالوحدة $\text{kg m}^{-3}$ .
8. تحسب مساحة المستطيل بضرب طوله في عرضه. إذا كان الطول 5.0 cm والعرض 3.00 cm ، فما المساحة بعد تقريبها إلى عدد الأرقام المعنوية الصحيح؟

9. إذا كان طول ضلع المكعب $0.50\ m$ ، فما حجمه بالوحدتين $m^3$ و $L$ ؟
10. الأرض عبارة عن كرة تقريبا نصف قطرها $6.37 \times 10^6 m$ . ما (أ) محيطها بالكيلومترات، (ب) مساحة سطحها بالسنتيمترات المربعة، و(ج) حجمها باللترات؟

# 2 مقدمة في الموائع INTRODUCTION TO FLUIDS

تاج الملك هيرو: أعطى ملك سيراكوزا كمية معينة من الذهب لحرفي ليصنع منها تاجا رائعا. عندما اكتمل المشروع، انتشرت شائعة أن الحرفي استبدل كمية من الذهب بكمية معادلة في الوزن من الفضة، مما أدى إلى انخفاض قيمة التاج ويعني أنه تم خداع الملك. كلف أرخميدس بمهمة تحديد ما إذا كان التاج من الذهب الخالص أم لا. يروي المهندس المعماري الروماني فيتروفيوس القصة: بينما كان أرخميدس يفكر في الأمر، ذهب إلى الحمامات. عندما نزل إلى حوض الاستحمام، لاحظ أن كمية الماء المتدفقة خارج الحوض كانت مساوية لكمية جسده المغمورة. ولأن هذه الحقيقة كانت تشير إلى طريقة لحل المشكلة، لم يتردد أرخميدس، بل تحرك فرحا، وقفز من المسبح وعاد إلى المنزل عاريا صارخا:"يوريكا !يوريكا!" أي: وجدتها وجدتها. وصرخ بصوت عال أنه وجد ما كان يبحث عنه. لقد توصل أرخميدس إلى أحد مبادئ الموائع الهامة، والمسمى باسمه "مبدأ أرخميدس" . سوف تتعرف في هذا الفصل على مفاهيم ومبادئ وقوانين أخرى في الموائع.

## 2.1 ما هي الموائع؟ WHAT ARE FLUIDS?

تشير كلمة "الموائع" إلى كل مادة لها خاصية التدفق أو الانتشار، وبالتالي تشمل: السوائل والغازات. أصل كلمة "مائع" هو "الميوعة"، والتي تعني من الناحية الفيزيائية: عدم الحفاظ على شكل ثابت. الخصائص الأساسية المشتركة بين السوائل والغازات هي:

1. لا تحتفظ بشكل ثابت.
2. جزيئاتها متباعدة.
3. تتحرك جزيئاتها بحرية:
    1. في السوائل: تتحرك الجزيئات بشكل انتقالي داخل حجم السائل.
    2. في الغازات: تتحرك الجزيئات بحرية، بأي حجم متاح.

تدريب 2.1: هل يمكنك ذكر الاختلافات المهمة بين خصائص السوائل والغازات؟

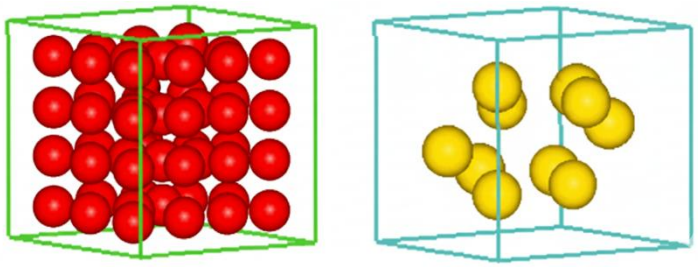
## 2.2 الكتلة والحجم والكثافة MASS, VOLUME, AND DENSITY

الكتلة والحجم والكثافة هي خصائص مميزة لأي عينة من المادة، ومن المهم جدا أن تكون على دراية بمعانيها.

| الكتلة | الحجم | الكثافة |
|---|---|---|
| كمية المادة الموجودة في العينة. | الحيز الذي تشغله عينة من المادة. | كتلة وحدة من حجم العينة |
| يقاس بوحدة $(kg)$ | يقاس بوحدة $(m^3)$ | تقاس بوحدة $(kg/m^3)$ |

إذا كانت جزيئات المادة أقرب إلى بعضها البعض، فإنها تكون أكثر كثافة.

تدريب 2.2: أي العينتين أكثر كثافة؟



### 2.2.1 تعريف الكثافة DEFINITION OF DENSITY

تعرف الكثافة بأنها الكتلة لكل وحدة حجم، ويمكن التعبير عنها بالمعادلة

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حيث:

$m$ هي الكتلة (Kg).

$V$ هو الحجم ($m^3$).

$\rho$ هي الكثافة ($kg/m^3$) .

الكثافة هي إحدى خصائص أي مادة خالصة؛ أي أن لكل نوع من المواد كثافته الخاصة، مثل الحديد والنحاس والذهب وغيرها.

يوضح الجدول كثافة بعض المواد عند ظروف عيارية:

| Substance | Density (kg/m³) | المادة |
|---|---|---|
| Air | 1.29 | الهواء |
| Ice | $0.917 \times 10^3$ | الثلج |
| Aluminum | $2.70 \times 10^3$ | الألومنيوم |
| Iron | $7.86 \times 10^3$ | الحديد |
| Benzene | $0.879 \times 10^3$ | البنزين |
| Lead | $11.3 \times 10^3$ | الرصاص |
| Copper | $8.92 \times 10^3$ | النحاس |
| Mercury | $13.6 \times 10^3$ | الزئبق |
| Oak | $0.710 \times 10^3$ | خشب البلوط |
| Fresh water | $1.00 \times 10^3$ | الماء العذب |
| Oxygen gas | 1.43 | غاز الأكسجين |
| Glycerin | $1.26 \times 10^3$ | الجلسرين |
| Pine | $0.373 \times 10^3$ | خشب الصنوبر |
| Gold | $19.3 \times 10^3$ | الذهب |
| Platinum | $21.4 \times 10^3$ | البلاتين |
| Helium gas | $1.79 \times 10^{-1}$ | غاز الهيليوم |
| Seawater | $1.03 \times 10^3$ | ماء البحر |
| Hydrogen gas | $8.99 \times 10^{-2}$ | غاز الهيدروجين |
| Silver | $10.5 \times 10^3$ | الفضة |

تدريب 2.3: ما حجم الهيليوم (الكثافة $0.179\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) الذي له نفس كتلة $5.0\text{m}^3$ من النيتروجين (الكثافة $1.25\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)؟

تدريب 2.4: رتب هذه الأجسام الحديدية تصاعديا أ) حسب كثافتها ب) حسب كتلتها.

1. كرة نصف قطرها $r$.
2. مكعب طول ضلعه $r$.
3. أسطوانة ارتفاعها $r$ ونصف قطرها $r$.
4. متوازي مستطيلات طوله $r$ وعرضه $2r$ وارتفاعه $0.5r$.

## 2.3 الضغط PRESSURE

تقف الطائرة الموضحة في الشكل على مدرج مطار، وتزن 420 طنا. وبشكل بديهي، يتوزع هذا الوزن على مساحة المدرج ، ونسمي الجزء من وزنها الذي يؤثر على كل وحدة مساحة $1\text{m}^2$ من المدرج: بالضغط.

### 2.3.1 تعريف الضغط DEFINITION OF PRESSURE

عندما تؤثر قوة على سطح ما، يمكننا القول أن هذه القوة تمارس ضغطا عليه. في الفيزياء، يعرف الضغط بأنه القوة العمودية على السطح لكل وحدة مساحة، ويمكن حسابه بالمعادلة التالية:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

حيث:

$F$ هي القوة $(\mathrm{N})$.

$A$ هي المساحة $(\mathrm{m}^2)$.

$P$ هو الضغط $(\mathrm{Nm}^{-2} = \mathrm{Pa})$ (باسكال).

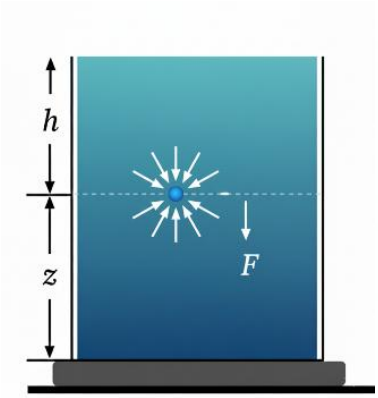
تدريب 2.5: لماذا يستخدم المتزلجون أحذية خاصة بدلا من الأحذية العادية؟

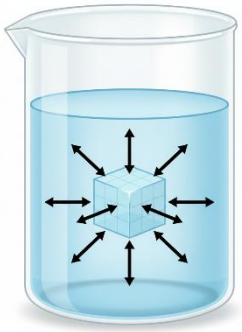
تدريب 2.6: فسر لم يتأذى الشاب على الرغم من استلقائه على طبقة من المسامير.

### 2.3.2 الضغط في الموائع PRESSURE IN FLUIDS

هل جربت الغوص؟ يشعر الغواص أن الماء يضغط على جميع أجزاء جسمه، ويزداد إحساسه بالضغط كلما غاص إلى عمق أكبر. يمكن ملاحظة ذلك أيضا عند تسلق الجبال، فكلما صعدت إلى أعلى، قل الضغط الذي تشعر به.

في الواقع، إن جميع الموائع (السوائل والغازات) تؤثر بضغط على الأجسام المغمورة فيها. يؤثر ضغط المائع في جميع الاتجاهات على الجسم المغمور فيه.



تجريبيا، وجد أن ضغط السائل في نقطة ما يزداد مع زيادة:

1. عمق النقطة تحت سطح السائل $h$.
2. كثافة السائل $\rho_f$.

لذلك، يتم حساب ضغط السائل عند نقطة ما بالمعادلة:

$$P_f = \rho_f hg \quad (2)$$

حيث:

$P_f$ هو ضغط السائل (Pa).

$\rho_f$ هي كثافة السائل ($\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$).

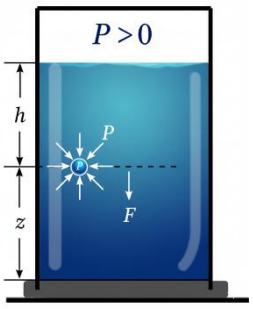
$h$ هو عمق النقطة تحت السطح (m).

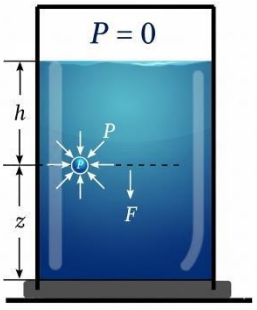
## 2.4 التعرض للغلاف الجوي THE EXPOSURE OF THE ATMOSPHERE

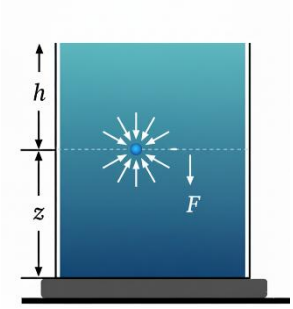
عندما يتعرض المائع للغلاف الجوي، فإن الغلاف الجوي سيؤثر بضغط عليه، وهذا ينطبق على جميع الموائع أيضا، حيث يمكن للسوائل أن تمارس ضغطا على بعضها البعض.

تدريب 2.7: احسب الضغط الكلي (المطلق) عند النقطة $P$:

| السائل لا يتعرض للغلاف الجوي | السائل غير معرض للغلاف الجوي | السائل معرض للغلاف الجوي |
|---|---|---|
| والضغط فوقه: $P > 0$ | والضغط فوقه: $P = 0$ | |



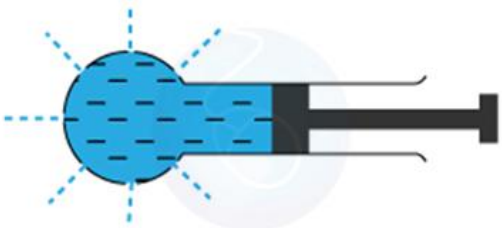



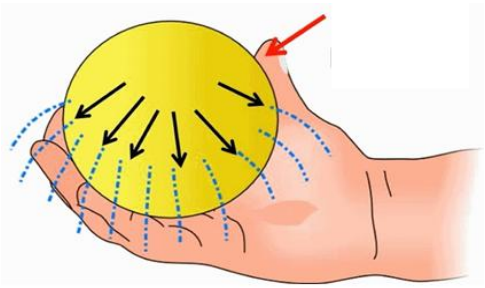

## 2.5 مبدأ باسكال PASCAL'S PRINCIPLE

قانون باسكال (المعروف أيضا باسم مبدأ باسكال أو مبدأ انتقال ضغط الموائع) هو مبدأ في ميكانيكا الموائع وضعه بليز باسكال، وينص على أن تغير الضغط في أي نقطة في مائع غير قابل للانضغاط ينتقل عبر المائع بحيث يحدث التغير نفسه في كل مكان. وضع هذا القانون عالم الرياضيات الفرنسي بليز باسكال في عام 1653 ونشر في عام 1663.

على سبيل المثال، عندما يتم دفع المكبس للداخل، يتدفق الماء بالتساوي من جميع الثقوب. وهذا يدل على أن الضغط المطبق على المكبس قد انتقل بشكل موحد في جميع أنحاء الماء.



أيضا، عندما تضغط بإصبعك على بالون مملوء بالهواء، يزداد الضغط على سطح البالون بنفس القيمة في جميع الاتجاهات.



### 2.5.1 المكبس الهيدروليكي Hydraulic Press

يعمل المكبس الهيدروليكي وفقا لمبدأ باسكال. نرى ذلك في حياتنا اليومية، مثل رافعة السيارات المستخدمة في محطات الخدمة. عندما يتم تطبيق قوة$F_1$على المكبس الصغير، يتأثر المكبس بالضغط:$P = F_1/A_1$. ينتقل هذا الضغط عبر السائل الموجود في المكبس ويؤثر بنفس الضغط على المكبس الكبير:$P = F_2/A_2$. إذن:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2 \quad (3)$$

ثم:

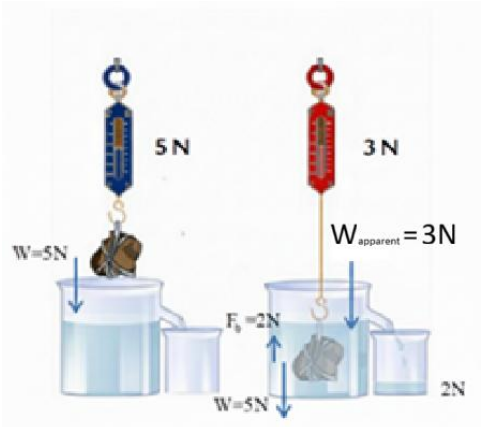
$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (4)$$

لذلك، تنشأ قوة كبيرة تؤثر على المكبس الكبير، وهي قادرة على رفع أشياء ثقيلة مثل السيارات. وتسمى الكمية$(A_2/A_1)$ : الفائدة الميكانيكية أو معامل مضاعفة القوة.

## 2.6 مبدأ أرخميدس ARCHIMEDES' PRINCIPLE

من خلال ملاحظاتنا اليومية، تبدو الأجسام أخف وزنا تحت الماء. على سبيل المثال، يصعب علينا رفع صخرة ثقيلة من سطح الأرض، بينما يمكننا القيام بذلك بسهولة إذا كانت مغمورة تحت الماء. وهذا يشير إلى أنها تتأثر بقوة إلى الأعلى تقلل من وزنها، تسمى هذه القوة بقوة الطفو ويرمز لها بـ$F_B$ . ينسب اكتشاف هذا المبدأ إلى أرخميدس (287-212) قبل الميلاد.

### 2.6.1 تجربة للتحقق من مبدأ أرخميدس: Experiment to verify Archimedes' Principle




يتم ملء الحوض بالماء حتى الحافة. نقوم بوزن الجسم في الهواء (قراءة الميزان): $W = 5N$

عند غمر الجسم في الماء، يتدفق الماء إلى الحوض. وزن الجسم داخل الماء (قراءة الميزان):$W_{apparent} = 3N$ . وهذا يعني أن قوة الطفو هي:

$$F_B = W - W_{apparent} \quad (5)$$

يمكننا أن نرى أن وزن الماء المزاح يساوي قوة الطفو. حجم الماء المزاح يساوي حجم الجسم بأكمله. لذلك، فإننا نعني دائما بالسائل المزاح: حجم السائل الذي يساوي حجم الجزء المغمور من الجسم.

نص المبدأ: أي جسم مغمور كليا أو جزئيا في مائع، يطفو بفعل قوة تساوي وزن المائع المزاح بسبب الجسم.

$$F_B = \rho_{fluid} \times V_{displaced} \times g \quad (6)$$

حيث:

$F_B$ هي قوة الطفو (N).

$\rho_{fluid}$ هي كثافة السائل ($kg\ m^{-3}$).

$V_{displaced}$ هو حجم السائل الذي يزيحه الجسم ($m^3$).

$g$ هو تسارع الجاذبية ($ms^{-2}$).

## 2.7 تمارين EXERCISES

1. قالب خشبي له كتلة 120 g وحجم 150 $cm^3$. أوجد كثافته بوحدة $g \cdot cm^{-3}$ و $kg \cdot m^{-3}$. هل يطفو في الماء؟
2. تؤثر قوة مقدارها 300 N على مساحة 0.15 $m^2$ . أوجد ضغطها.
3. الضغط عند نقطة معينة في الماء هو $3.0 \times 10^5$ Pa . إذا كانت كثافة الماء هي $10^3 kg \cdot m^{-3}$ ، فأوجد عمق تلك النقطة تحت السطح.
4. كتلة خشبية حجمها 2 $m^3$ مغمورة بالكامل في الماء (كثافة الماء = $10^3 kg \cdot m^{-3}$ ). احسب قوة الطفو المؤثرة عليها.
5. يزن جسم ما 40 N في الهواء ويزن 35 N عندما يكون مغمورا بالكامل في الماء. أوجد قوة الطفو وحجم الماء المزاح. (كثافة الماء = $10^3 kg \cdot m^{-3}$).
6. يغوص مقياس الكثافة في الزيت أكثر من غوصه في الماء. ماذا يعني ذلك بالنسبة لكثافة السائلين؟
7. قطعة من الخشب تغوص بثلث حجمها إذا وضعت في الماء (كثافة الماء هي $10^3 kg \cdot m^{-3}$ ) ، بينما تغوص بنصف حجمها إذا وضعت في الزيت، أوجد كثافة الزيت؟
8. مكعب له كثافة $8.0 \times 10^2 kg \cdot m^{-3}$ وارتفاع 6 cm. جزء منه يطفو في سائل كثافته $1.2 \times 10^3 kg \cdot m^{-3}$ . احسب طول الجزء المغمور من المكعب في السائل.
9. جسم كتلته 170 kg يزيح 85 liters من الماء العذب. أوجد قوة الطفو المؤثرة عليه. (كثافة الماء هي $10^3 kg \cdot m^{-3}$ )
10. أسطوانة صلبة بكثافة $2.0 \times 10^3 kg \cdot m^{-3}$ ووزن 400 N في الهواء، غمرناها في الزيت، فصار وزنها 300 N . أوجد كثافة الزيت.

11. يبلغ وزن أسطوانة معدنية صلبة في الهواء 400 N ، وبعد غمرها في الماء العذب، أصبح وزنها 300 N . احسب حجم الأسطوانة. (كثافة الماء $= 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

12. الضغط الكلي (المطلق) في قاع حوض السباحة هو 151325 Pa . إذا كان الضغط الجوي هو 101325 Pa ، فاحسب عمق حوض السباحة. (كثافة الماء $= 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

13. جبل جليدي بكثافة $9.2 \times 10^2 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ يطفو في مياه البحر التي كثافتها $1.03 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . إذا كان الحجم الكلي للجبل الجليدي هو $2000\ \text{m}^3$ ، فأوجد حجم الجليد فوق سطح الماء.

# 3 الحركة في بعد واحد MOTION IN ONE DIMENSION

لوصف حدث في الطبيعة، نعبر عنه باستخدام كميات فيزيائية، مثل درجة الحرارة والضغط والسرعة والقوة. لا يمكن تحديد تأثير بعض هذه الكميات دون معرفة اتجاهها، في حين أن بعضها الآخر لا يمكن وصفه بالاتجاه. هذا التمييز يسمح لنا بتقسيم الكميات الفيزيائية إلى نوعين: الكميات القياسية والكميات المتجهة.

## 3.1 الكميات القياسية والكميات المتجهة SCALAR AND VECTOR QUANTITIES

الكميات القياسية هي كميات فيزيائية توصف بالكامل من خلال مقدارها (قيمتها) فقط، ولا يمكن تحديد اتجاه لها. ومن الأمثلة على ذلك درجة الحرارة والزمن. فمن غير المنطقي أن نقول "درجة الحرارة $30^{o}$ إلى الأعلى" أو "انتظرتك لمدة ساعتين باتجاه الشمال".

الكميات المتجهة هي كميات تتطلب كلا من المقدار والاتجاه ليتم وصفها بشكل كامل، مثل القوة والإزاحة. لنفترض أن قوة $5N$ تؤثر على جسم ثابت. هل سيتحرك الجسم لأعلى أم لأسفل؟ أم سيتحرك لليمين أم لليسار؟ وإذا تأثر الجسم بقوة أخرى قدرها $5N$، فهل سيتحرك الجسم بتسارع أكبر، أم ستتوازن القوتان معا بحيث لا يتحرك الجسم؟ بدون معرفة الاتجاه، لا يمكننا وصف تأثير هذه الكميات الفيزيائية.

ملاحظة مهمة: تكتب الكميات المتجهة بسهم فوقها أو بخط عريض للتمييز بينها وبين الكميات القياسية ($\boldsymbol{A}$، $\vec{A}$). أما مقدار المتجه فيكتب بالخط العادي $A = |\vec{A}|$.

## 3.2 الكميات المتجهة في ثلاثة أبعاد VECTOR QUANTITIES IN THREE DIMENSIONS

نحن نعيش في عالم ثلاثي الأبعاد، مما يعني أن الكميات المتجهة موجودة في ثلاثة أبعاد. لحسن الحظ، يمكننا وصف أي كمية متجهة على أنها مجموع ثلاث كميات متجهة، كل منها تقع على أحد الأبعاد الثلاثة (المحاور $x, y, z$). يمكننا بعد ذلك دراسة كل متجه بشكل مستقل عن الاثنين الآخرين. في هذه المرحلة، سيكون المطلوب بدايةً هو دراسة الكميات المتجهة في بعد واحد، ثم تحليل المتجهات في بعدين.

## 3.3 الحركة MOTION

تعد حركة الأجسام - مثل كرة القدم والسيارة وحتى الشمس والقمر - جزءا واضحا من حياتنا اليومية. أصبح المفهوم الحديث للحركة واضحا في القرنين السادس عشر والسابع عشر الميلاديين، مع مساهمات مهمة من غاليليو غاليلي (1564-1642) وإسحاق نيوتن (1642-1727)، اللذان ساعدا في صياغة الفهم الحديث للحركة.

تشمل دراسة حركة الأجسام والمفاهيم المتعلقة بالقوة والطاقة مجالا يسمى الميكانيكا، والذي ينقسم عادة إلى فرعين:

| | علم الحركة Kinematics | الديناميكا Dynamics |
|---|---|---|
| | تصف حركة الأجسام من حيث الموضع والزمن دون النظر إلى أسبابها. | تصف حركة الأجسام من خلال تأثير أسبابها، مثل القوى. |

سنناقش الآن الحركة الانتقالية للأجسام دون دوران، وتحديدا في بعد واحد (على خط مستقيم).

### 3.3.1 الموضع POSITION

لوصف حركة جسم ما بشكل جيد، يحتاج الفيزيائيون إلى معرفة عدة كميات فيزيائية عنه، مثل موضعه وإزاحته وسرعته وتسارعه، والتي سوف ندرسها تباعا، وسنبدأ بمعرفة ما نعنيه بالموضع.

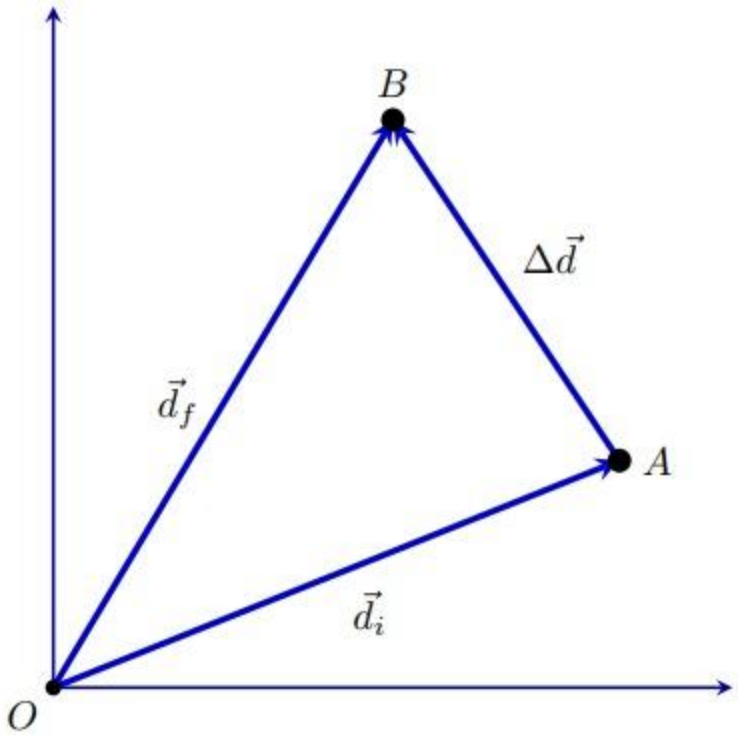
يعرف الموضع بأنه موقع جسم ما في لحظة معينة بالنسبة إلى نقطة مرجعية، غالبا ما تسمى نقطة الأصل.

### 3.3.2 المسافة والإزاحة DISTANCE AND DISPLACEMENT

| | المسافة Distance | الإزاحة Displacement |
|---|---|---|
| المفهوم | الطول الفعلي لمسار حركة الجسم؛ وهو كمية قياسية. | التغير في موضع الجسم في اتجاه معين؛ وهو كمية متجهة. |

الإزاحة هي متجه يربط بين نقطتي نهاية مسار الجسم. لا تعتمد الإزاحة على المسار المتخذ، ويمكن حسابها بالمعادلة:

$$\Delta\vec{d} = \overrightarrow{d_f} - \overrightarrow{d_i} \qquad (7)$$




حيث:

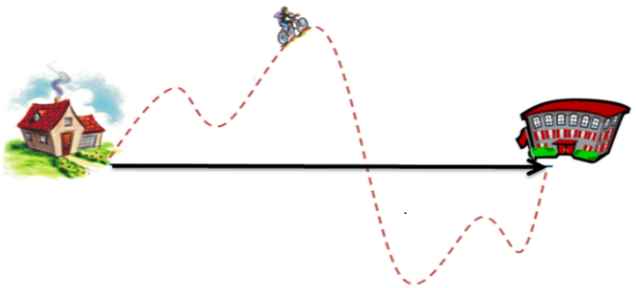
$\Delta\vec{d}$ هي الإزاحة (m).

$\overrightarrow{d_f}$هو متجه الموضع النهائي (m).

$\overrightarrow{d_i}$ هو متجه الموضع الأولي (m).

لاحظ أنه في الرسم لم يتم أخذ المسار في عين الإعتبار لحساب الإزاحة، فقط نقطتي البداية والنهاية للمسار، بينما يمكن حساب المسافة "$s$" فقط عن طريق حساب طول المسار الذي قطعه الجسم.

تدريب 3.1: يتحرك راكب دراجة من منزله إلى مدرسته كما هو موضح في الشكل. كيف نميز بين المسافة والإزاحة؟



تدريب 3.2: ركض عداء حول دائرة نصف قطرها $r = 10.0\ \text{m}$. أ) بعد أن أنهى الدورة الأولى، كم كانت إزاحته ومسافته؟ ب) ماذا ستكون إزاحته ومسافته إذا ركض 10 دورات؟ ج) كم كانت إزاحته ومسافته عندما أنهى ربع دورة؟ د) وعند نصف دورة؟ هـ) وعند ثلاث أرباع دورة؟

### 3.3.3 السرعة والسرعة المتجهة Speed and velocity

تقيس السرعة والسرعة المتجهة معدل حركة الجسم بالنسبة للزمن، حيث تكون السرعة كمية قياسية والسرعة المتجهة متجها. لذلك، يمكننا تعريف التالي:

السرعة المتوسطة العددية (وتختصر عادة إلى السرعة المتوسطة): معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن، وتحسب بالقانون.

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \tag{8}$$

حيث:

$\bar{v}$ هي السرعة المتوسطة$(\text{ms}^{-1})$.

$s$ هي المسافة الإجمالية (m).

$\Delta t$ هي الفترة الزمنية (s).

السرعة المتوسطة المتجهة: معدل تغير الموضع بالنسبة للزمن.

$$\vec{\bar{v}} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{d_f} - \overrightarrow{d_i}}{\Delta t} \tag{9}$$

حيث:

$\vec{\bar{v}}$ هي السرعة المتوسطة المتجهة $(\text{ms}^{-1})$.

$d_i$ هو الموضع الأولي (m).

$d_f$ هو الموضع النهائي (m).

$\Delta \vec{d}$ هو الإزاحة (m).

$\Delta t$ هي الفترة الزمنية (s).

تدريب 3.3: إذا أكمل العداء في المثال السابق الدورة في 12.5 s، فما سرعته المتوسطة وسرعته المتجهة المتوسطة؟

### 3.3.4 التسارع ACCELERATION

التسارع هو معدل تغير السرعة المتجهة. وهو كمية متجهة، ويمنحنا اتجاهه فكرة عن حركة الجسم. إذا كان في نفس اتجاه السرعة، فإن الجسم يتسارع (تزيد سرعته)، وإذا كان في الاتجاه المعاكس، فإن الجسم يتباطأ (تقل سرعته).

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t} \quad (10)$$

حيث:

$\vec{a}$ هو متوسط التسارع$(\mathrm{ms}^{-2})$.

$\vec{v}_i$ هي السرعة الأولية $(\mathrm{ms}^{-1})$.

$\vec{v}_f$ هي السرعة النهائية $(\mathrm{ms}^{-1})$.

$\Delta\vec{v}$ هو تغير السرعة$(\mathrm{ms}^{-1})$.

$\Delta t$ هو الزمن (s).

تدريب 3.4: يركض أرنب على طول المحور السيني. ما اتجاه تسارعه إذا كان يتحرك (أ) في الاتجاه الموجب بسرعة متزايدة، (ب) في الاتجاه الموجب بسرعة متناقصة، (ج) في الاتجاه السالب بسرعة متزايدة، (د) في الاتجاه السالب بسرعة متناقصة؟

## 3.4 الحسابات البيانية GRAPHICS CALCULATIONS

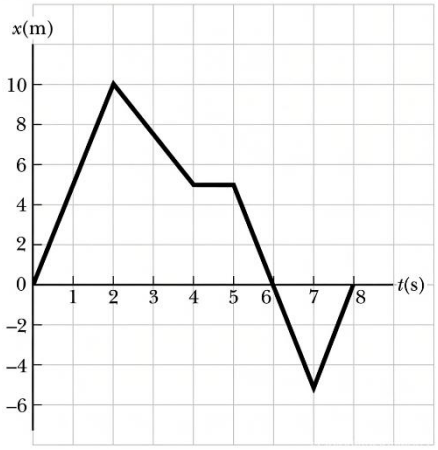
تعد المعادلات الجبرية أدوات أساسية لحل المسائل في علم الحركة، لكن التحليل البياني يوفر فهما أكثر بديهية وغنى بصريا للحركة. من خلال تفسير منحنيات ومساحات الرسوم البيانية، يمكننا استنتاج كميات أساسية مثل الإزاحة والسرعة والتسارع، ونرى كيف ترتبط ببعضها البعض.

### 3.4.1 الرسم البياني للموضع والزمن The position-time graph

يوضح هذا الرسم البياني كيف يتغير موضع الجسم مع الزمن. من هذا الرسم البياني، من السهل استخلاص المسافة والإزاحة بناء على تعريفاتهما. حيث تتطلب الإزاحة النقطتين النهائيتين فقط، ويتم حساب المسافة عن طريق جمع جميع المسافات التي قطعها الجسم.

السرعة المتجهة المتوسطة هي معدل تغير الموضع، وهي ميل الرسم البياني للموضع والزمن.

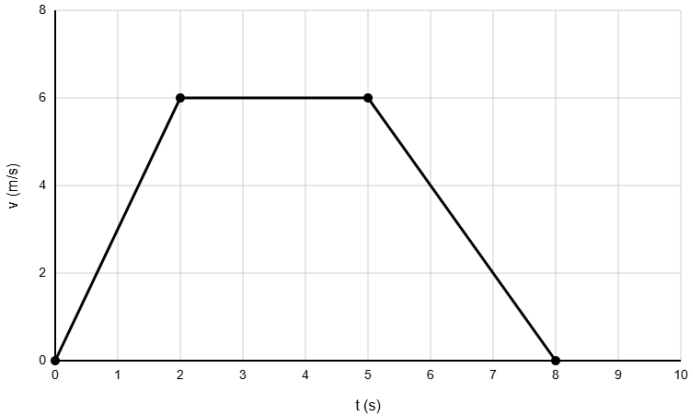
تدريب 3.5: في الرسم البياني التالي، أ) حدد الموضع عند $\boldsymbol{t = 7.0\ \mathrm{s}}$ ب) حدد السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة في الفترة بين $\boldsymbol{t = 2.0\ \mathrm{s}}$ و $\boldsymbol{t = 6.0\ \mathrm{s}}$ وأيضا في الفترة بين $\boldsymbol{t = 2.0\ \mathrm{s}}$ و $\boldsymbol{t = 4.0\ \mathrm{s}}$. ج.




### 3.4.2 الرسم البياني للسرعة والزمن The speed-time graph

يوضح هذا الرسم البياني كيف تتغير السرعة مع الزمن. في هذا الرسم البياني، يمكن الحصول على المسافة بحساب المساحة تحت الرسم البياني (المساحة تساوي السرعة مضروبة في الزمن، وهي المعادلة لحساب المسافة).

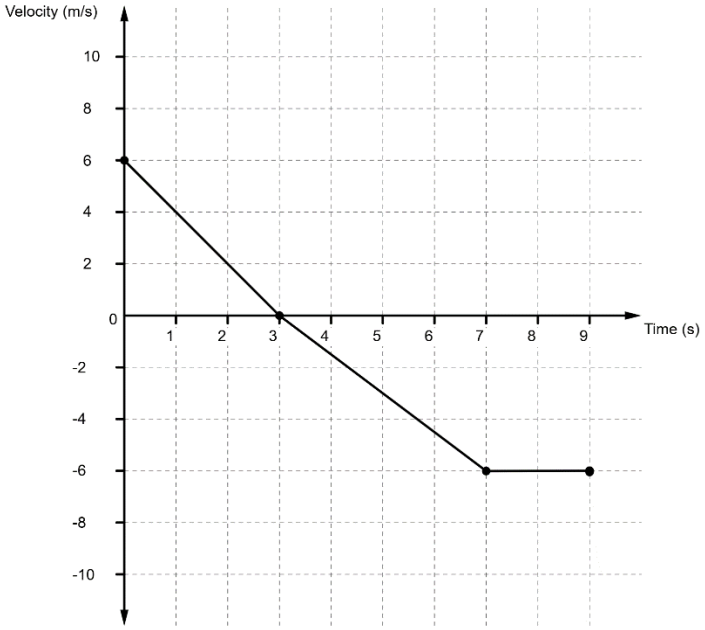
تدريب 3.6: يوضح الرسم البياني التالي السرعة لجسم ما مقابل الزمن. من هذا الرسم البياني، أ) حدد السرعة عند $t =$ 4.0 s . ب) حدد المسافة المقطوعة من $t = 0.0$ s إلى $t = 8.0$ s . ج) حدد المسافة المقطوعة عندما كانت السرعة ثابتة.




### 3.4.3 الرسم البياني للسرعة المتجهة والزمن The velocity-time graph

على غرار الرسم البياني للسرعة والزمن، يمكننا أن نرى السرعة وكيف تتغير مع الزمن. هذه المرة، المساحة تحت الرسم البياني هي الإزاحة. بالإضافة إلى ذلك، ميل الرسم البياني هو تغير السرعة المتجهة مقسوما على الزمن، وهو التسارع.

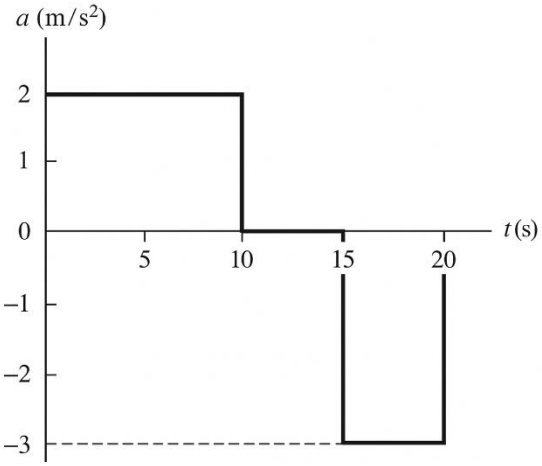
تدريب 3.7: يوضح الرسم البياني التالي السرعة المتجهة لجسم ما مقابل الزمن. من هذا الرسم البياني، أ) حدد السرعة المتجهة عند $t = 1.0$ s. ب) في أي ثانية غير الجسم اتجاه حركته؟ ج) احسب قيمة واتجاه التسارع المتوسط للفترة من $t = 0.0$ s إلى $t = 9.0$ s. د) احسب الإزاحة الكلية للجسم للفترة من $t = 0.0$s إلى $t = 7.0$s.



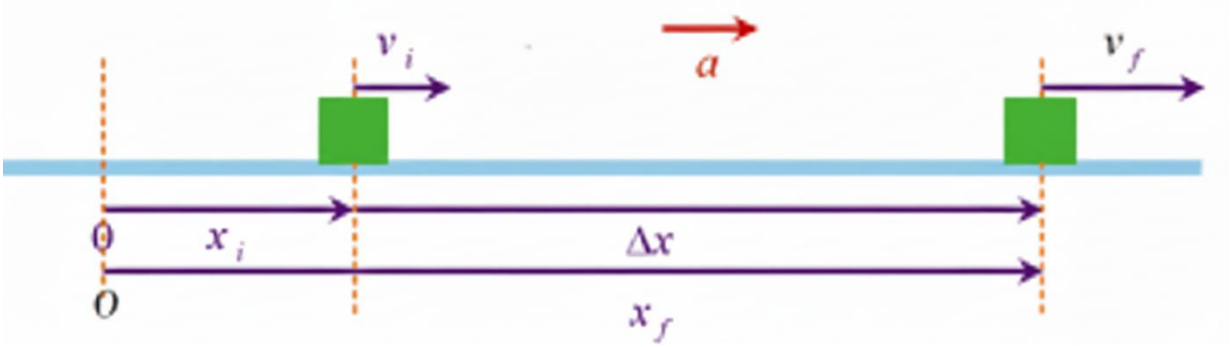

### 3.4.4 الرسم البياني للتسارع والزمن The acceleration-time graph

يوضح الرسم البياني للتسارع والزمن كيف يتغير التسارع مع الزمن، وتعطي المساحة تحت المنحنى فرق السرعة المتجهة.

تدريب 3.8: من الرسم البياني للتسارع مقابل الزمن، أ) حدد اتجاه وقيمة التسارع عند $t = 7.0$ s. ب) احسب التغير في السرعة المتجهة من $t = 0.0$ s إلى $t = 20.0$ s. ج) متى كانت السرعة ثابتة؟



# 3.5 معادلات الحركة EQUATIONS OF MOTION




كيف يمكن وصف حركة الجسم في الشكل أعلاه، والذي تحرك في خط مستقيم من الموضع على اليسار إلى الموضع على اليمين باتجاه محور وبتسارع ثابت؟ يمكن وصف حركة هذا الجسم باستخدام معادلات الحركة التالية.

(11) $$v_f = v_i + at$$

(12) $$\Delta x = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

(13) $$\Delta x = v_f t - \frac{1}{2}at^2$$

(14) $$v_f{}^2 = v_i{}^2 + 2a\Delta x$$

(15) $$\Delta x = (\frac{v_f + v_i}{2})t$$

حيث:

$O$ نقطة الأصل.

$\Delta x$ هو الإزاحة في المحور x (يمكن أن يكون أي محور) (m).

$x_i$ هو بعد الجسم الأولي عن نقطة الأصل (m).

$x_f$ هو بعد الجسم النهائي عن نقطة الأصل (m).

$v_i$ هي السرعة الأولية $(ms^{-1})$.

$v_f$ هي السرعة النهائية $(ms^{-1})$.

$a$ هي التسارع $(ms^{-2})$

$t$ هي الزمن (s).

### 3.5.1 مهارات حل المشكلات باستخدام معادلات الحركة

1) إذا كانت الحركة في اتجاه واحد: اعتبره الاتجاه الموجب للحركة، مهما كان. وإشارات الإزاحة والسرعة والتسارع تكون موجبة في هذا الاتجاه وسالبة في الاتجاه الآخر.
2) إذا كانت الحركة في أكثر من اتجاه واحد على خط واحد: اعتبر أحد الاتجاهين موجبا (على سبيل المثال، إلى اليمين أو إلى الأعلى) والآخر سالبا (إلى اليسار أو إلى الأسفل). وإشارات الإزاحة والسرعة والتسارع موجبة في الاتجاه الموجب وسالبة في الاتجاه الآخر.
3) استخدم المعادلة المناسبة التي تكون فيها جميع الكميات معروفة باستثناء الكمية المطلوب حسابها. لاحظ أنك تحتاج إلى معرفة 3 متغيرات لتحديد المتغيرين الآخرين.
4) إذا كانت المسألة تحتوي على عدة تسارعات، فطبق المعادلات لكل مرحلة تسارع على حدة.
5) تحتاج إلى عدد من المعادلات يساوي عدد المجاهيل.

تدريب 3.9: تقطع شاحنة مسافة 40.0 m في 8.50 s بينما تتباطأ إلى سرعة نهائية تبلغ $2.80 \mathrm{ms}^{-1}$ . (أ) أوجد سرعتها الأولية. (ب) أوجد تسارعها.

## 3.6 السقوط الحر FREE FALL

يعتبر السقوط الحر أحد أمثلة الحركة في بعد واحد بتسارع ثابت في الطبيعة، ويعرف بأنه حركة جسم تحت تأثير جاذبية الأرض فقط، مع تجاهل مقاومة الهواء، في خط عمودي على سطح مرجعي (الأرض).
عادة ما نعتبر الاتجاه إلى الأعلى هو الاتجاه الموجب. قيمة التسارع هي: $g = 9.8\ ms^{-2}$ أثناء الصعود والهبوط.

يمكن حساب إزاحة الجسم وسرعته في أي لحظة خلال فترة الصعود أو الهبوط، باستخدام معادلات الحركة واعتبار التسارع في معادلات الحركة على أنه $a = -g$:

$$v_f = v_i - gt \quad (16)$$

$$\Delta y = v_i t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (17)$$

$$\Delta y = v_f t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (18)$$

$$v_f{}^2 = v_i{}^2 - 2g\Delta y \quad (19)$$

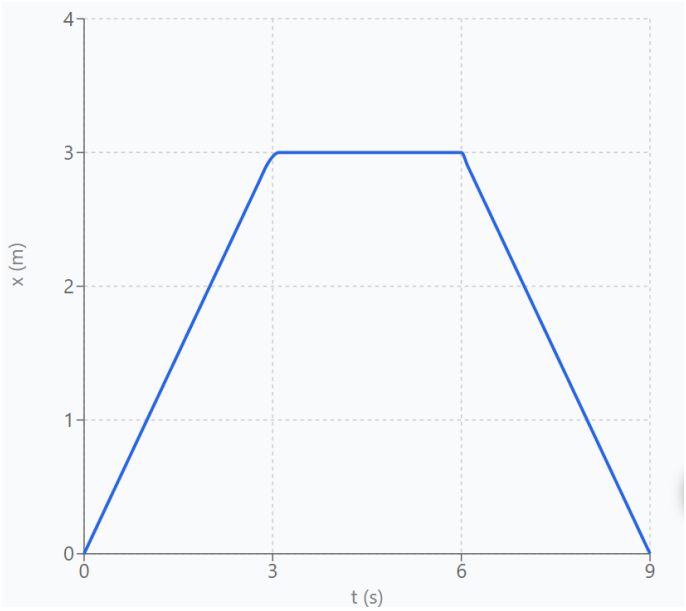
$$\Delta y = \left(\frac{v_f + v_i}{2}\right) t \quad (20)$$

من المفيد أيضا تذكر أن السرعة عند أعلى نقطة هي $v = 0$. وإلا، فسوف يرتفع الجسم أكثر.

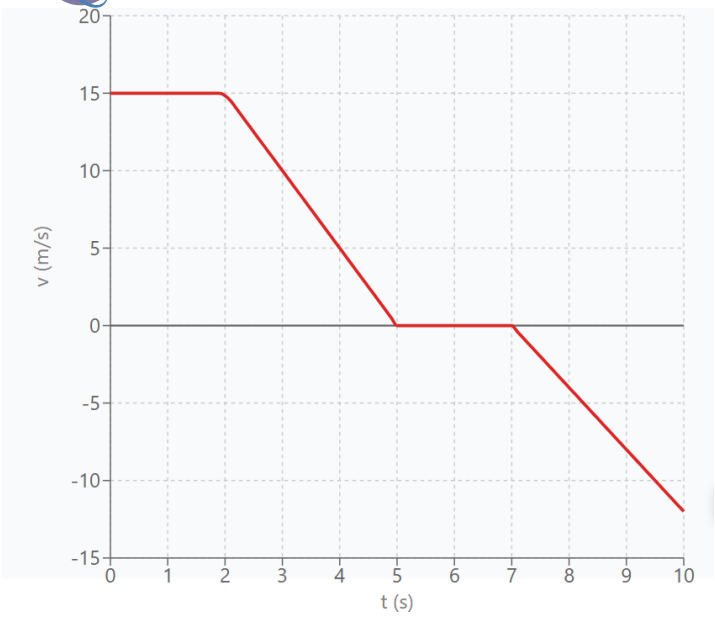
تدريب 3.10: ألقيت كرة بجوار مبنى، ورأى رجل في المبنى الكرة من نافذته. بعد 3 ثواني، رآها مرة أخرى. هل كانت سرعة الكرة أكبر في الصعود أم في الهبوط؟ أوجد السرعة في كلتا الحالتين.

## 3.7 تمارين EXERCISES

1. يسير شخص ما 4 km شرقا، ثم 3 km شمالا. احسب المسافة الإجمالية المقطوعة ومقدار إزاحته.
2. تسير سيارة من المدينة A إلى المدينة B بسرعة ثابتة تبلغ 100 km/hr، ثم تعود إلى المدينة A بسرعة ثابتة تبلغ 80 km/hr . احسب متوسط سرعتها ومتوسط سرعتها المتجهة خلال الرحلة بأكملها.
3. تتسارع سيارة من $20\text{ms}^{-1}$ إلى $30\text{ms}^{-1}$ في 5s. ما مقدار تسارعها؟ وكم إزاحتها؟
4. يتباطأ راكب دراجة من $10\text{ms}^{-1}$ إلى التوقف في 5s. ما مقدار تسارعه؟ وكم إزاحته؟
5. يتم وصف حركة جسم ما بالرسم البياني للموضع والزمن أدناه. صف حركته بالكلمات (على سبيل المثال، سرعة ثابتة، في حالة سكون، إلخ) لكل جزء من الرسم.




6. يصف الرسم البياني للسرعة والزمن أدناه حركة جسم ما. أوجد (أ) التسارع في كل جزء من الحركة، و(ب) الإزاحة الكلية.

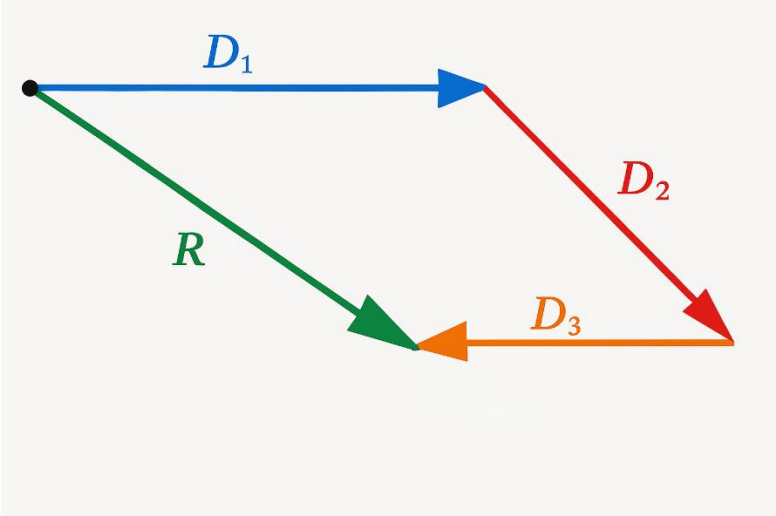



7. ألقيت كرة عموديا لأعلى بسرعة أولية تبلغ $20\text{ms}^{-1}$ . ما الارتفاع الذي تصل إليه؟ كم من الوقت تستغرق للوصول إلى أقصى ارتفاع لها؟
8. شاحنة تتحرك بسرعة $25\text{ms}^{-1}$ تضغط على الفرامل وتتوقف في 10 ثواني. ما مقدار تسارعها، وما المسافة التي تقطعها خلال هذا الوقت؟
9. تتسارع سيارة بشكل منتظم من حالة السكون وتقطع مسافة 100 m في 5 ثواني. احسب تسارعها وسرعتها النهائية.
10. أفلت حجر من على منحدر وارتطم بالأرض بعد 3 ثواني. ما ارتفاع المنحدر؟
11. ألقيت كرة عموديا لأعلى بسرعة $15\text{ms}^{-1}$ من الأرض. احسب الوقت الذي تستغرقه للعودة إلى الأرض.
12. تتحرك سيارتان، A و B، في نفس الاتجاه. تقع السيارة A خلف السيارة B بمسافة 100m وتتسارع بينما تتحرك السيارة B بسرعة ثابتة. ضع المعادلات التي تحدد متى تلحق السيارة A بالسيارة B.
13. يتباطأ قطار بشكل منتظم من $40\text{ms}^{-1}$ إلى $20\text{ms}^{-1}$ على مسافة 200m. أوجد تسارع القطار والزمن المستغرق.
14. ارسم رسما بيانيا للسرعة والزمن لجسم يتسارع باتجاه محور $x$ من حالة السكون، ثم يتحرك بسرعة ثابتة، ثم يتباطأ حتى يتوقف.
15. يبلغ تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.6\text{ms}^{-2}$. إذا أسقط رائد فضاء مطرقة من ارتفاع 2m، فكم من الوقت تستغرق المطرقة لتصل إلى الأرض؟

# 4 المتجهات في بعدين VECTOR IN TWO DIMENSIONS

تعلمنا سابقًا طريقة جمع المتجهات في بعدٍ واحد، حيث كنا نجمع مقادير المتجهات إذا كانت في الاتجاه نفسه، ونطرح مقاديرها عندما تكون في اتجاهين متعاكسين.

أما الآن، فسنتعلم طرق جمع المتجهات في بعدين أو ثلاثة أبعاد، فإذا كان لدينا قارب صيد يتحرك في أكثر من بعد، فكيف يمكننا إيجاد إزاحته الكلية؟

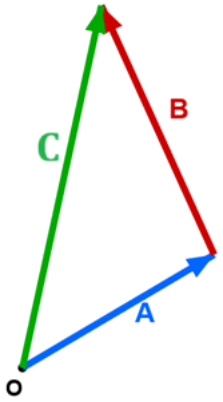



نلاحظ أننا نمثل متجه الإزاحة الكلية بسهم يبدأ من نقطة البداية وينتهي عند نقطة النهاية خلال زمنٍ معين.

وباستخدام مقياس رسم مناسب، يمكننا تحديد مقدار واتجاه محصلة الإزاحة (مجموع الإزاحات)، وتُعرف هذه الطريقة في جمع المتجهات باسم الطريقة البيانية لجمع المتجهات.

## 4.1 جمع المتجهات في بعدين ADDING VECTORS IN TWO DIMENSIONS

افترض جسم قطع إزاحة $\vec{A}$ ثم أتبعها بإزاحة أخرى $\vec{B}$ ستكون النتيجة النهائية كما لو أنه تحرك من نقطة البداية إلى نقطة النهاية بشكل مستقيم والتي تمثل المتجه $\vec{C}$ (الإزاحة النهائية).




نطلق على المتجهة $\vec{C}$ المحصلة أو الجمع الاتجاهي ويمكن كتابة النتيجة كالتالي: $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ مع ملاحظة أن الجمع هنا ليس جمعاً جبرياً.

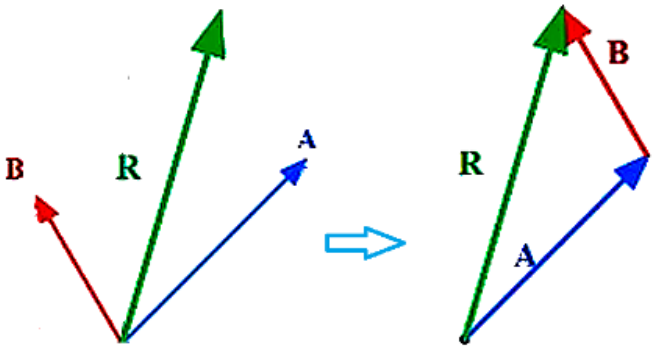
إشارات المتجهات

المتجه في المستوى الإحداثي: $xy$

- موجب: عندما يكون في اتجاه المحور السيني الموجب $+x$ أو المحور الصادي الموجب $+y$
- سالب: عندما يكون في اتجاه المحور السيني السالب $-x$ أو المحور الصادي السالب $-y$

### 4.1.1 طريقة الذيل للرأس Tail to Head Method

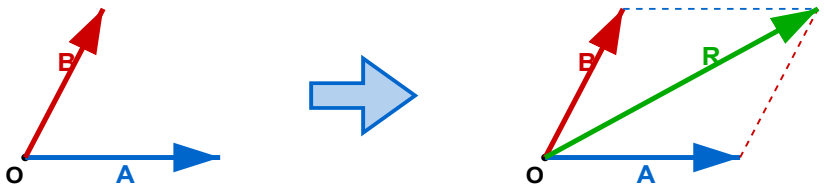
يرسم ذيل المتجه الثاني $\vec{B}$ من رأس المتجه الأول $\vec{A}$، وتكون المحصلة $\vec{R}$ : متجه من أول ذيل إلى آخر رأس.



### 4.1.2 طريقة متوازي الأضلاع Parallelogram Method

نجعل للمتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ ذيل مشترك، ونكمل متوازي الأضلاع، وتكون المحصلة $\vec{C}$ قطر متوازي الأضلاع ولها نفس الذيل.

تحتاج تعديل الرسم واستبدال R ب C

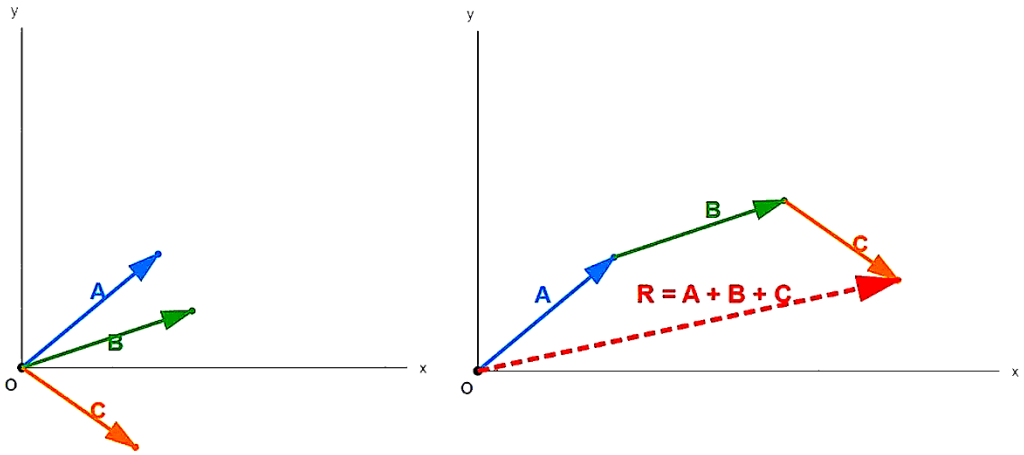



نقل المتجهات: يمكن نقل المتجه من موقع لآخر بشرط المحافظة على طوله واتجاهه.

### 4.1.3 طريقة متعدد الأضلاع Polygon Method

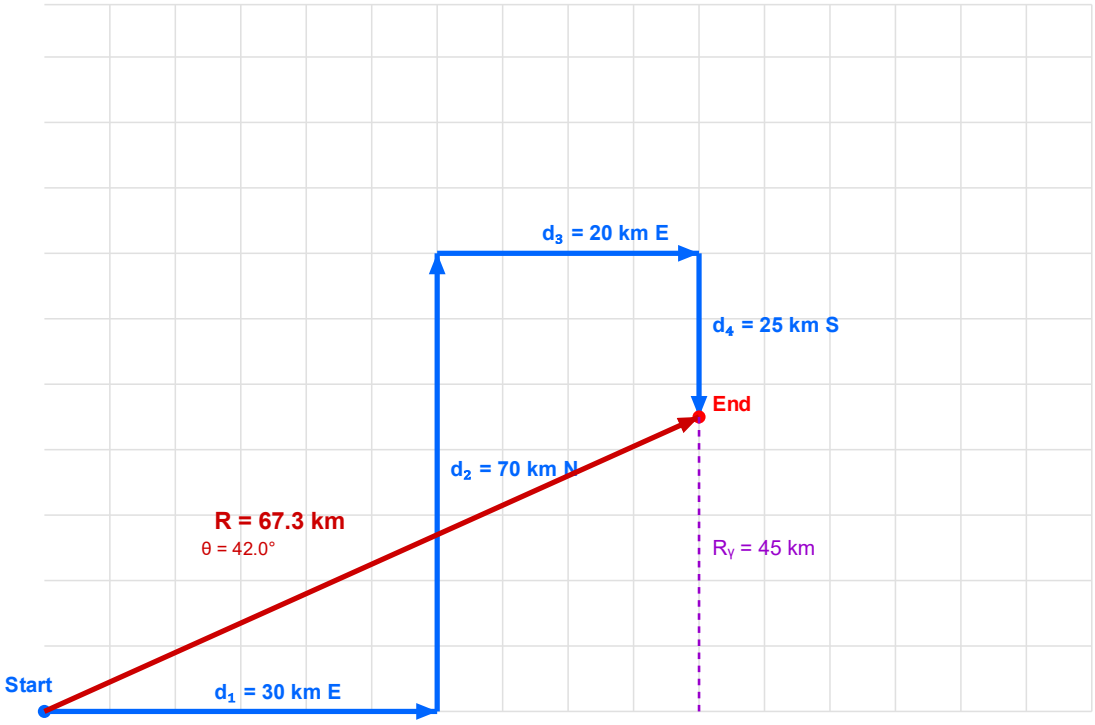
نرسم المتجهات تواليًا بحيث ينطلق ذيل كل متجه من رأس المتجه السابق.

وتكون المحصلة $\vec{R}$ : متجه من أول ذيل لآخر رأس.

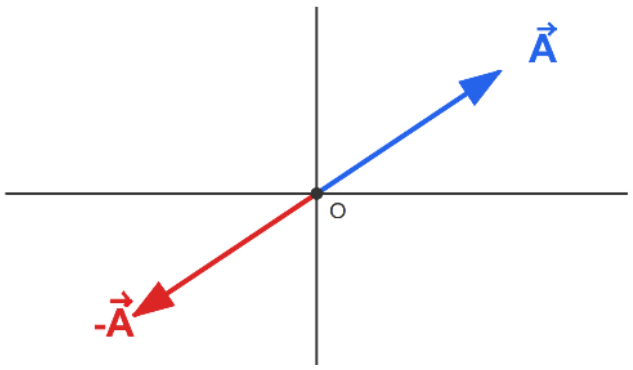



مثال 4.1: تحركت سيارة 30.0 km شرقًا ثم انعطفت 70.0 km نحو الشمال ثم انعطفت مرة اخرى نحو الشرق وقطعت 20.0 km ثم اتجهت نحو الجنوب 25.0 km . استخدم المستوي الاحداثي لتمثيل حركة السيارة ثم اوجد الازاحة.

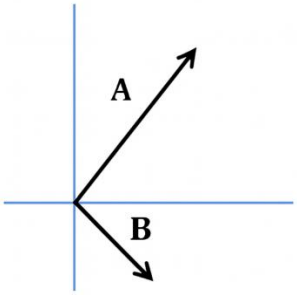
الحل: نستخدم مقياس رسم مناسب، ونرسم المتجهات بالتتابع، ثم نرسم المحصلة ونقيس مقدارها واتجاهها.




ملاحظة: المعكوس للمتجه $-\vec{A}$ (سالب المتجه) يكون له نفس مقدار المتجه الأصلي $\vec{A}$ ولكن في الإتجاه المعاكس.




التحقق من المفهوم 4.1: ارسم: $\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}$ وَ $\boldsymbol{A}-\boldsymbol{B}$




التحقق من المفهوم 4.2: ما العلاقة بين المتجهين $\boldsymbol{A}$ و $\boldsymbol{B}$ إذا كان : $|\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}| = |\boldsymbol{A}-\boldsymbol{B}|$؟

الزاوية القياسية والمرجعية:

- الزاوية القياسية $\theta$ : يتم احتسابها ابتداء من محور $+x$ بعكس اتجاه عقارب الساعة.
- الزاوية المرجعية $\theta'$ : يتم احتسابها بين المتجه وأحد المحاور.

مثال 4.2:

تحرّكت سيارة أولًا 3.0 km شرقًا، ثم 4.0 km شمالًا. أوجد محصلة الإزاحتين.

---

الحل:

نوجد المقدار باستخدام نظرية فيثاغورس

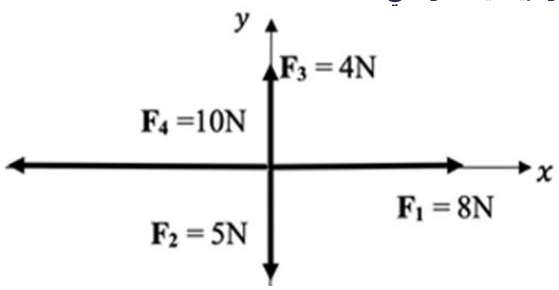
$$R = \sqrt{(3.0\,\text{km})^2 + (4.0\,\text{km})^2} = \sqrt{9.0 + 16.0} = \sqrt{25.0} = 5.0\,\text{km}$$

نوجد الاتجاه:

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = tan^{-1}\left(\frac{4.0}{3.0}\right) \approx 53.1^\circ$$

شمال الشرق

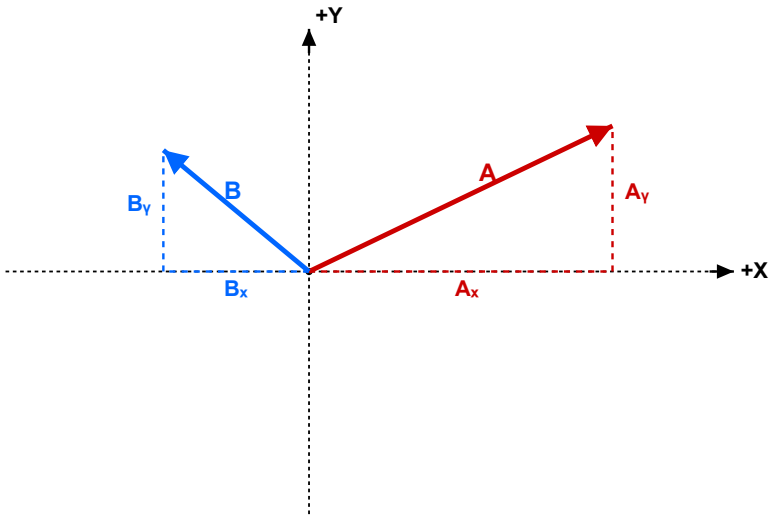
تدريب 4.1: أوجد محصلة مجموعة القوى المستوية المعطاة في الشكل.




### 4.1.4 جمع المتجهات بالمركبات Adding Vectors by Components

لإيجاد محصلة المتجهات بالمركبات نستخدم الطريقة التالية:

لدينا متجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ ومحصلتهما $\vec{R}$ كما في الشكل.




المحصلة $\vec{R}$ لها مركبتان كالتالي:

$$R_x = A_x + B_x \qquad R_y = A_y + B_y$$

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2}$$

واتجاه المحصلة: $tan\,\theta = \frac{R_y}{R_x}$

إذا كان لديك عدد أكبر من المتجهات فكل ما عليك أن تكرر ذلك بالطريقة السابقة:

$$R_x = A_x + B_x + C_x + \ldots \qquad R_y = A_y + B_y + C_y + \ldots$$

مثال 4.3: أوجد محصلة الإزاحات التالية:

20.0m بزاوية $30.0^0$ , 40m بزاوية $120.0^0$ , 25.0m بزاوية $180.0^0$ , 42.0m بزاوية $270^0$ , 12m بزاوية $315.0^0$.

الحل:

نستخدم الزاوية القياسية المعطاة للمتجهات لحساب المركبات الأفقية والعمودية ثم نوجد المحصلة على كل محور:

$$R_x = (20.0\,m)cos30° + (40\,m)cos120° + (25.0\,m)cos180° + (42.0\,m)cos270° + (12\,m)cos315°$$

$$R_x = -19.1942\,m$$

$$R_y = (20.0\,m)sin30° + (40\,m)sin120° + (25.0\,m)sin180° + (42.0\,m)sin270° + (12\,m)sin315°$$

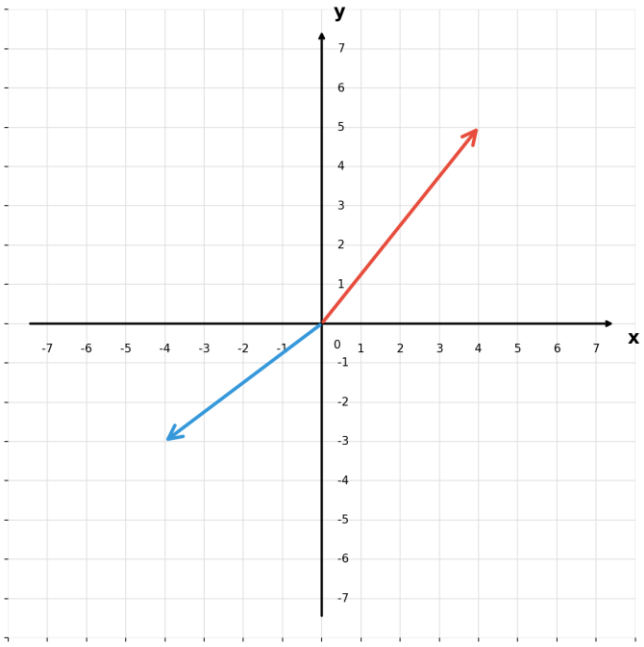
$$R_y = -5.8443\,m$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-19.1942\,\text{m})^2 + (-5.8443\,\text{m})^2}$$
$$= \sqrt{368.43\,\text{m}^2 + 34.17\,\text{m}^2} = \sqrt{402.60\,\text{m}^2}$$
$$= 20.06\,\text{m}. = 20.1m$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-5.8443\,\text{m}}{-19.1942\,\text{m}}\right) = -163.07°.$$

فتكون الإزاحة المحصلة $20.1m$ بزاوية قياسية $\theta = 197°$ .

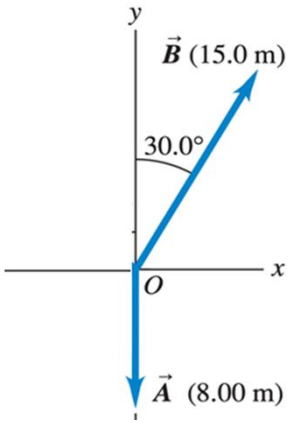
تدريب 4.2: حلل كل متجه في الشكل ثم أوجد محصلة المتجهين بطريقة جمع المركبات.




تدريب 4.3: متجه في الربع الأول من المستوى $xy$ ، قيمة مركبته على محور $+x$ تساوي 3 ، وقيمة مركبته على محور $+y$ تساوي 6 ، إذا دار المتجه مع عقارب الساعة في الربع الأول بحيث تضاعفت قيمة مركبته على محور $+x$

احسب قيمة مركبته على محور $+y$

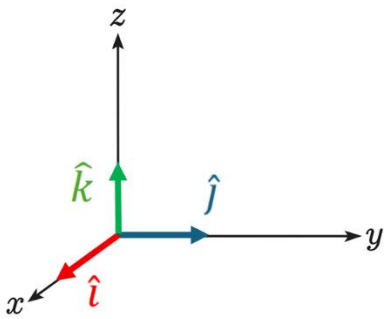
تدريب 4.4: احسب مقدار واتجاه وارسم: $\vec{A} - \vec{B}$



## 4.1.5 جمع المتجهات بطريقة متجهات الوحدة Vector Addition Using the Unit Vector Method

متجهات الوحدة هي ثلاث متجهات $\hat{\imath}$ ، $\hat{\jmath}$ ، $\hat{k}$ مقدار كل منها 1 ،

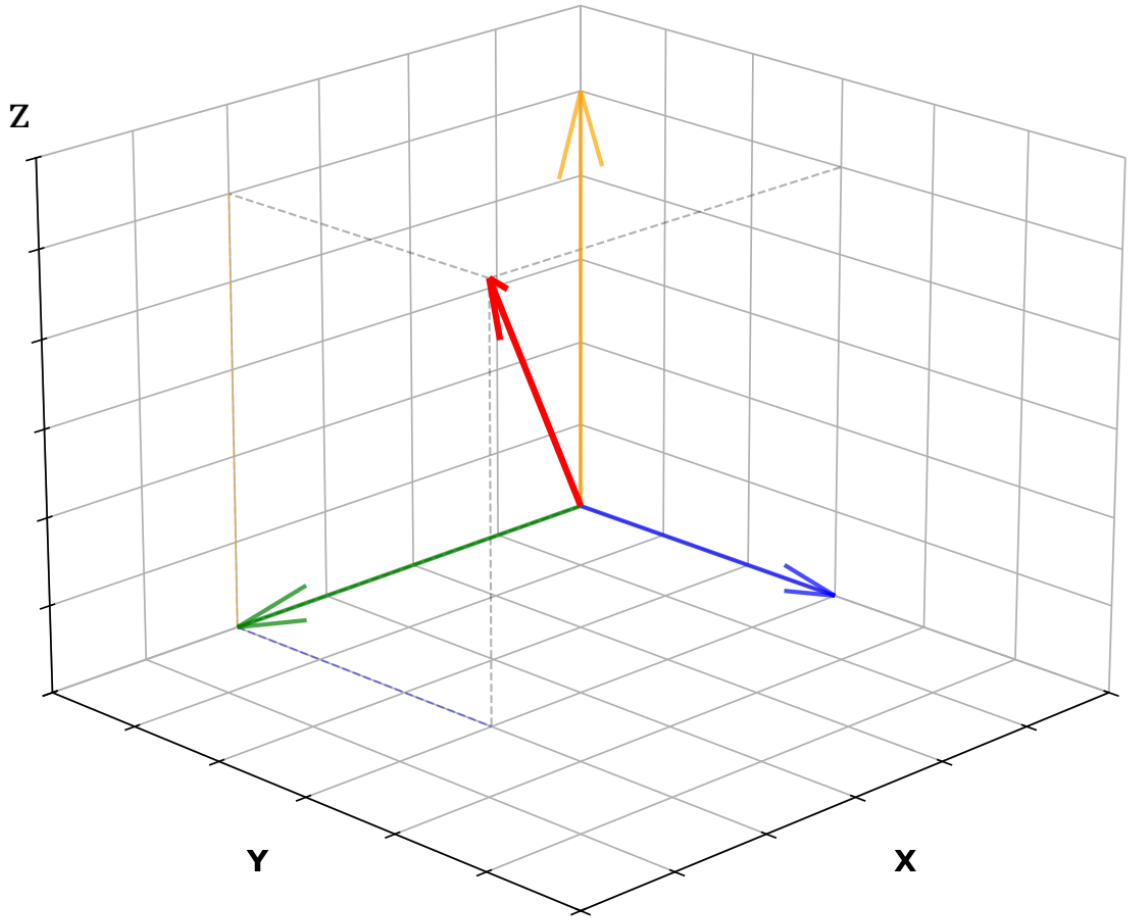
وتقع باتجاهات: $+x$ ، $+y$ ، $+z$ على الترتيب. ويمكن كتابة أي متجه بدلالة متجهات الوحدة، وهذا يسهل التعامل مع المتجهات في اجراء العمليات الاتجاهية عليها. أي أننا نستفيد من متجهات الوحدة في معرفة الاتجاهات.




فمثلاً المتجه $\vec{A}$ الموضح في الشكل، يمكن كتابته بدلالة متجهات الوحدة كالتالي:

$$\vec{A}_x = A_x\hat{\imath}$$
$$\vec{A}_y = A_y\hat{\jmath}$$
$$\vec{A}_z = A_z\hat{k}$$

$$\vec{A} = A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} + A_z\hat{k}$$




مثال 4.4: المركبات المتعامدة لمتجهة تسارع هي: $a_x = 6.00\ \text{m/s}^2$ و $a_y = 4.00\ \text{m/s}^2$ و $a_z = 9.00\ \text{m/s}^2$

اكتب العبارة الاتجاهية لمتجه التسارع $\vec{a}$ واحسب قيمته.

الحل:

$$\vec{a} = [6.00\hat{\imath} + 4.00\hat{\jmath} + 9.00\hat{k}]\ (\text{m/s}^2)$$

$$|\vec{a}| = a = \sqrt{(6^2 + 4^2 + 9^2)} \approx 11.5\ \text{m/s}^2$$

مثال 4.5: المتجه $\vec{A}$ مقداره 4.20 m بزاوية 55.0° فوق المحور$+x$ والمتجه $\vec{B}$ مقداره 2.80 m بزاوية $-35.0°$ (أي 35.0° تحت $+x$). إذا كان المتجه $\vec{C} = 2.50\,\vec{A} - 3.20\,\vec{B}$.

(*a*) اكتب المتجهين $\vec{A}$ وَ $\vec{B}$ بصيغة متجهات الوحدة.

(*b*) اكتب المتجه $\vec{C}$ بدلالة متجهات الوحدة.

(*c*) أوجد مقدار المتجه $\vec{C}$ واتجاهه بزاوية قياسية.

الحل:

(a)

$$\vec{A} = (4.20\cos 55.0°)\,\hat{\imath} + (4.20\sin 55.0°)\,\hat{\jmath} = (2.4090\,\text{m})\,\hat{\imath} + (3.4404\,\text{m})\,\hat{\jmath}$$
$$\vec{B} = (2.80\cos(-35.0°))\,\hat{\imath} + (2.80\sin(-35.0°))\,\hat{\jmath} = 2.2936\,\text{m})\,\hat{\imath} + (-1.6060\,\text{m})\,\hat{\jmath}$$

(*b*)

$$\vec{C} = 2.50\,\vec{A} - 3.20\,\vec{B}$$

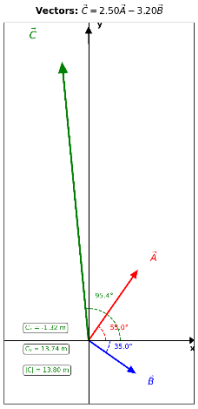
$$\begin{aligned} C_x &= 2.50(2.4090) - 3.20(2.2936) = -1.3170\,\text{m}, \\ C_y &= 2.50(3.4404) - 3.20(-1.6060) = 13.7403\,\text{m}. \end{aligned}$$
$$\vec{C} = (-1.317\,\hat{\imath} + 13.740\,\hat{\jmath})\ \text{m}$$

(c)

$$|\,\vec{C}\,| = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = \sqrt{(-1.317)^2 + (13.740)^2} = 13.803\,\text{m} \approx 13.8\,m$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{C_y}{C_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{13.740}{1.317}\right) = 84.5°.$$

هذه الزاوية شمال الغرب كما في الرسم وبالتالي: (الزاوية القياسية) $\theta \approx 95.5°$




تدريب 4.5: إذا كان $\boldsymbol{A} = 2\hat{\imath} - 3\hat{\jmath} + 5\hat{k}$ و $\boldsymbol{B} = -\hat{\imath} - 2\hat{\jmath} + 7\hat{k}$.

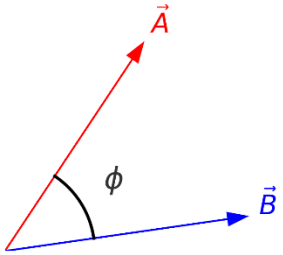
أوجد في صيغة المركبات: (a) $2\boldsymbol{B} - \boldsymbol{A}$

(b) المتجه $\boldsymbol{C}$ الذي يحقق العلاقة $\boldsymbol{A} + \boldsymbol{B} + \boldsymbol{C} = 0$.

تدريب 4.6: أوجد الزاوية بين متجهين لهما نفس المقدار $5.0\ units$ ، بحيث تساوي محصلتهما $[6.0\hat{\jmath}]units$

## 4.2 ضرب المتجهات VECTOR MULTIPLICATION

### 4.2.1 الضرب القياسي Scalar Product (Dot Product)



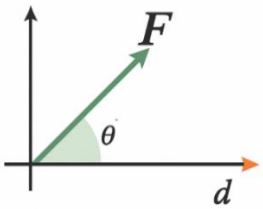

ناتج الضرب القياسي بين المتجهين A و B هو كمية عددية، ويُعطى بالعلاقة

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = |\boldsymbol{A}||\boldsymbol{B}|cos(\theta)$$

حيث $\theta$ تمثل الزاوية بين المتجهين. وتقرأ العلامة( . ): (dot product)

مثال: الشغل هو حاصل الضرب القياسي بين متجهي القوة والإزاحة.

$$W = Fd\cos\theta$$




التحقق من المفهوم 4.3: ما تأثير الزاوية بين المتجهين على ناتج الضرب القياسي؟

الحل:

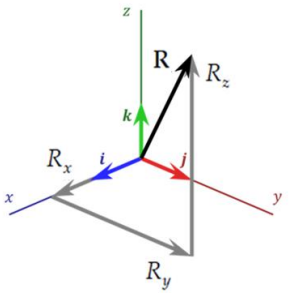
- يكون حاصل الضرب القياسي موجبًا عندما تكون الزاوية بين المتجهين بين $0°$ و $90°$.
- يكون صفرًا عندما تكون الزاوية $90°$ .أي عندما يكون المتجهان متعامدين.
- يكون حاصل الضرب القياسي سالبًا إذا كانت الزاوية بين $90°$ و $180°$.
- يصل حاصل الضرب القياسي إلى أكبر قيمة موجبة عندما تكون الزاوية $0°$ .
- يصل إلى أكبر قيمة سالبة عندما تكون الزاوية $180°$.

التحقق من المفهوم 4.4: هل الضرب القياسي عملية إبدالية؟

الحل: نعم، لأن الضرب عملية إبدالية

### 4.2.2 الضرب القياسي باستخدام متجهات الوحدة Scalar Product by Unit Vectors

بتطبيق العلاقة السابقة نحصل على:




$$\hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = \hat{\jmath} \cdot \hat{\jmath} = \hat{k} \cdot \hat{k} = (1)(1)\cos 0° = 1$$

$$\hat{\imath} \cdot \hat{\jmath} = \hat{\imath} \cdot \hat{k} = \hat{\jmath} \cdot \hat{k} = (1)(1)\cos 90° = 0$$

ولذلك يمكن كتابة القانون كالتالي:

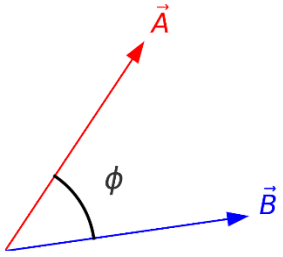
$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = (A_x \hat{\imath} + A_y \hat{\jmath} + A_z \hat{k}) \cdot (B_x \hat{\imath} + B_y \hat{\jmath} + B_z \hat{k})$$

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

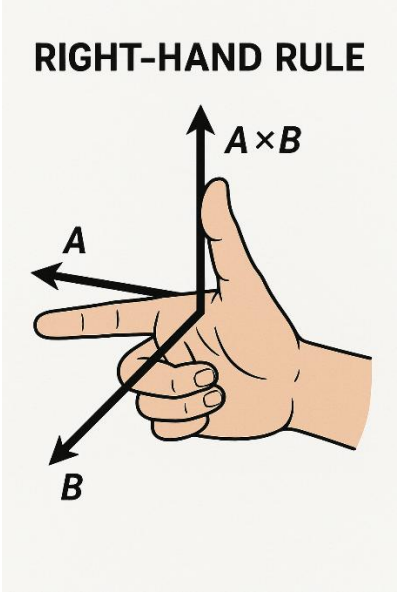
تدريب 4.7: تؤثر قوة قيمتها $\vec{F} = (-\hat{\imath} + 2\hat{\jmath})N$ على جسم فتزيحه بمقدار $\Delta\vec{x} = (2\hat{\imath} + 3\hat{\jmath})m$ احسب:

أ) الشغل الناتج بواسطة القوة ب) الزاوية بين المتجهين.

### 4.2.3 الضرب الاتجاهي Vector Product (Cross Product)




- يعطي كمية متجهة (متجه).
- مقدار المتجه: $|\vec{C}| = |\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}||\vec{B}| \sin\phi$
- $\phi$ الزاوية الصغيرة بين المتجهين، وتقرأ العلامة(×): (cross product)
- اتجاه المتجه الناتج: يكون عمودي على المستوى المحتوي للمتجهين، ويحدد بقاعدة اليد اليمنى.
- قاعدة اليد اليمنى:




- مثال فيزيائي: عزم الدوران

استخدم يدك اليمنى واجعل أصابعك تدور من المتجه الأول للمتجه الثاني فيشير الإبهام إلى اتجاه $\vec{C}$.

التحقق من المفهوم 4.5: هل الضرب الاتجاهي عملية إبداليه؟ ولماذا؟

### 4.2.4 الضرب الاتجاهي باستخدام متجهات الوحدة Vector Product by Unit Vectors

لاحظ عند تطبيق العلاقة السابقة بطريقة متجهات الوحدة:

$$\hat{\imath} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath} \times \hat{\jmath} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$

$$\hat{\imath} \times \hat{\jmath} = \hat{k}, \qquad \hat{\jmath} \times \hat{\imath} = -\hat{k}$$

$$\hat{\jmath} \times \hat{k} = \hat{\imath}, \qquad \hat{k} \times \hat{\jmath} = -\hat{\imath}$$

$$\hat{k} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath}, \qquad \hat{\imath} \times \hat{k} = -\hat{\jmath}$$

كما يمكن استخدام المحددات (المصفوفات) لإيجاد حاصل الضرب الاتجاهي:

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y)\hat{\imath} + (A_z B_x - A_x B_z)\hat{\jmath} + (A_x B_y - A_y B_x)\hat{k}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

مثال 4.6: احسب حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين: $\vec{A} = (-2\hat{\imath} + \hat{k})$ $\vec{B} = -3\hat{\jmath}$

الحل: بدايةً، نكتب المتجهات بالشكل التالي

$$\boldsymbol{A} = -2\hat{\imath} + \hat{k} = (-2, 0, 1)$$

$$\boldsymbol{B} = -3\hat{\jmath} = (0, -3, 0)$$

ثم نكتب مصفوفة الحل

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ -2 & 0 & 1 \\ 0 & -3 & 0 \end{vmatrix}$$

نحسب كل مركبة من المصفوفة

- i-component: $(0 \cdot 0) - (1 \cdot -3) = 3$
- j-component: $-((-2 \cdot 0) - (1 \cdot 0)) = 0$
- k-component: $(-2 \cdot -3) - (0 \cdot 0) = 6$

نوجد ناتج الضرب الاتجاهي

$$\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B} = 3\hat{\imath} + 0\hat{\jmath} + 6\hat{k} = 3\hat{\imath} + 6\hat{k}$$

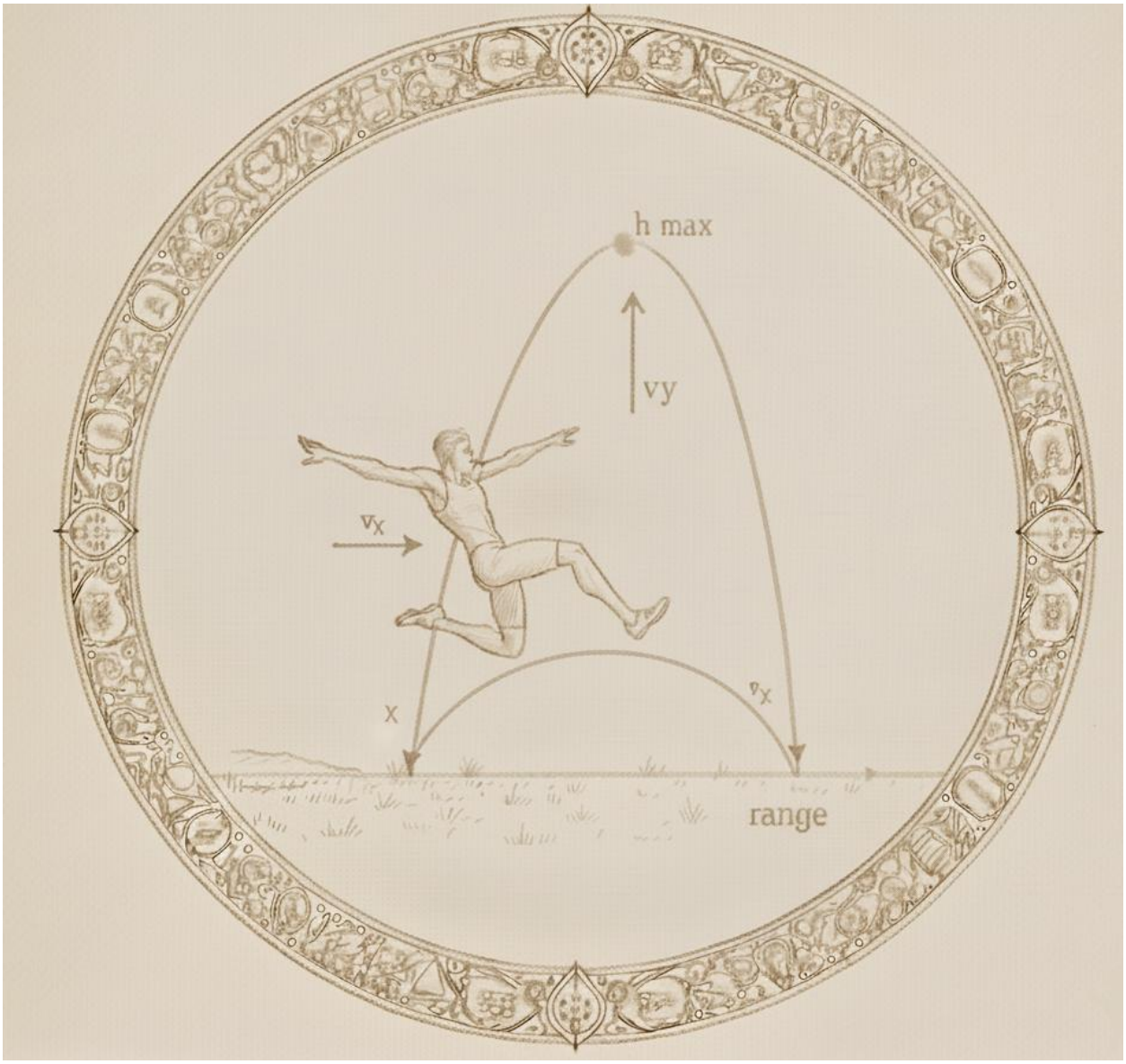
تدريب 4.8: متجه $\vec{A}$ له مقدار 6 units في الاتجاه الموجب لمحور $x$ ومتجه $\vec{B}$ له مقدار $4\ units$ في المستوى $xy$ ويصنع زاوية $30°$ مع محور $x$ الموجب.

(a) اوجد $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$

(b) اوجد مركبات المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$

(c) اوجد الضرب الاتجاهي باستخدام المركبات ثم قارن النتيجتين.

# 5 الحركة في بعدين MOTION IN TWO DIMENSIONS



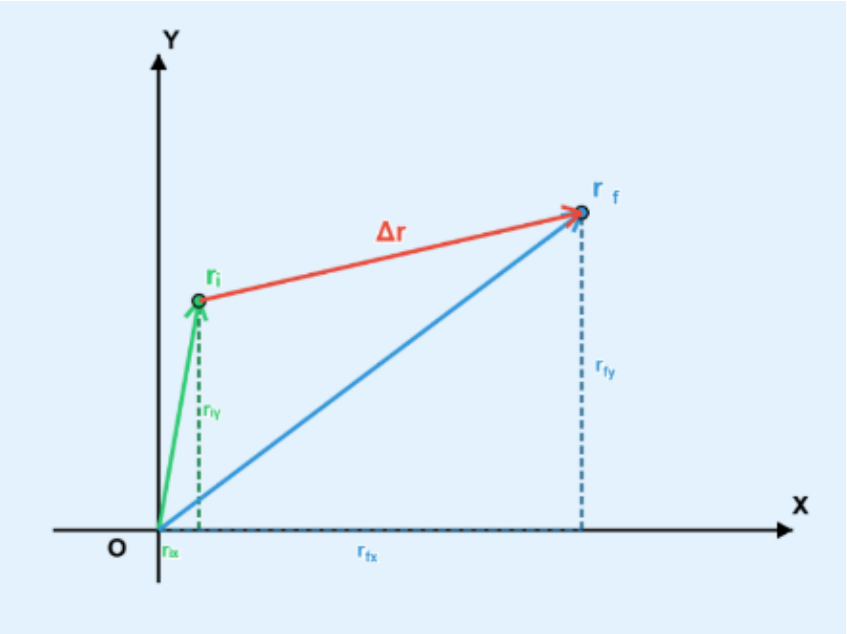

تعلمنا في الفصول السابقة وصف حركة الأجسام في بعدٍ واحد، حيث كانت السرعة والتسارع والإزاحة جميعها تقع على خط مستقيم. ولكن في كثيرٍ من المواقف الواقعية لا تتحرك الأجسام في اتجاهٍ واحد فقط، بل تتحرك في أكثر من بعدٍ في الوقت نفسه. فمثلاً، عندما تركل كرة في الهواء، فإنها تتحرك أفقيًا ورأسيًا معًا، وكذلك حركة سيارة تنعطف أو قارب يتحرك في نهر له تيار جانبي.

في هذا الفصل سنتوسع في دراسة الحركة في بعدين، وسنتعلم كيف نحللها إلى حركتين مستقلتين في الاتجاهين الأفقي والرأسي باستخدام المتجهات، كما سنستخدم مفاهيم السرعة والتسارع في بعدين لوصف حركة المقذوفات، وسنرى كيف يمكن جمع المتجهات بيانياً وجبرياً لإيجاد محصلة الحركة واتجاهها.

هذه الدراسة تمثل خطوة مهمة نحو فهم أعمق لحركة الأجسام في الطبيعة، وتشكّل الأساس لدراسة الديناميكا وقوانين نيوتن التي تفسر أسباب هذه الحركة.

## 5.1 متجهات الإزاحة والسرعة والتسارع في الحركة في بعدين, DISPLACEMENT, VELOCITY, ACCELERATION VECTORS IN MOTION IN TWO DIMENSIONS

سنعيد صياغة متجهات الحركة، ونعتبر حركة جسم بين النقطتين A، B، لاحظ أنه ليس من الضروري أن يكون المسار خطاً مستقيماً.




يتحرك الجسم بين موضعين هما: $r_i$ و $r_f$ ، حيث نحدد مواضع الجسم بمتجهات الموضع والإزاحة التي تحركها الجسم أي (المتجه المستقيم بين الموضعين) نسميه $\Delta r$

يمكننا كتابة متجهات الموضع والإزاحة بدلالة متجهات الوحدة كالتالي:

$$\vec{r_i} = x_i\hat{\imath} + y_i\hat{\jmath}$$
$$\vec{r_f} = x_f\hat{\imath} + y_f\hat{\jmath}$$
$$\Delta\vec{r} = \vec{r_f} - \vec{r_i} = (x_f - x_i)\hat{\imath} + (y_f - y_i)\hat{\jmath}$$
$$\Delta\vec{r} = \Delta x\hat{\imath} + \Delta y\hat{\jmath}$$

تعرف السرعة المتوسطة المتجهة: بأنها الإزاحة مقسومة على الفترة الزمنية:

$$\vec{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\hat{\jmath}$$

وتكون في اتجاه $\Delta\vec{r}$ دائماً، لأنها هي الكمية المتجهة في القسمة في المعادلة السابقة.

يعرف التسارع المتوسط بأنه: التغير في متجه السرعة اللحظية مقسوماً على الفترة الزمنية:

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t}$$

ويكون في اتجاه $\Delta\vec{v}$ ، لأنها هي الكمية المتجهة في القسمة في المعادلة السابقة.

مثال: كان جمل في نقطة الأصل عند الزمن $t_1 = 0$ خلال الفترة الزمنية من $t_1 = 0$ الى $t_2 = 12.0\ s$ كانت مركبات السرعة المتوسطة للجمل على محور $x$ : -3.8 m/s وعلى محور $y$ : 4.9 m/s

أ) ما هي إحداثيات $x$ و $y$ للجمل عند $t_2 = 12.0\ s$ ؟

ب) كم يبعد الجمل عن نقطة الأصل عند $t_2 = 12.0\ s$ ؟

الحل:

أ) $x_2 = x_1 + v_x(t_2 - t_1) = 0 + (-3.8)(12.0) = -45.6\text{m}$

$y_2 = y_1 + v_y(t_2 - t_1) = 0 + (4.9)(12.0) = 58.8\text{m}$

موضع الجمل النهائي $(-45.6\ \text{m}, 58.8\ \text{m})$

ب) $r = \sqrt{(x^2 + y^2)} = \sqrt{((-45.6)^2 + (58.8)^2)} = 74.4\ \text{m}$

---

تدريب 5.1: طائر له الإحداثيات$(x, y)$: (11.1 m , 3.4 m) عند الزمن $t_1 = 0$ واحداثيات (15.3 m , -0.5 m) عند الزمن $t_2 = 3.0\ s$. اوجد لهذه الفترة الزمنية: أ) مركبات السرعة المتوسطة. ب) مقدار واتجاه السرعة المتوسطة.

## 5.2 الحركة في بعدين بتسارع ثابت TWO-DIMENSIONAL MOTION WITH CONSTANT ACCELERATION

لتبسيط التعامل مع هذا النوع من الحركة سنستخدم مبدأ استقلال الحركة على كل بعد. وهذا يعني ان الحركة على محور xمستقلة عن الحركة على محود y ولا يؤثر أحدهما على الآخر، ولكن تشترك الحركتان في الزمن.

سنستخدم معادلات الحركة ورياضيات المتجهات التي تعلمناها في موضوع الحركة في بعد واحد، ونطبقها على الحركة في بعدين.

| الحركة على محور $x$ | الحركة على محور $y$ |
|---|---|
| $v_{xf} = v_{xi} + a_x t$ | $v_{yf} = v_{yi} + a_y t$ |
| $\Delta x = v_{xi} t + \frac{1}{2} a_x t^2$ | $\Delta y = v_{yi} t + \frac{1}{2} a_y t^2$ |
| ${v_{xf}}^2 = {v_{xi}}^2 + 2a_x \Delta x$ | ${v_{yf}}^2 = {v_{yi}}^2 + 2a_y \Delta y$ |
| $\Delta x = (\frac{v_{xf} + v_{xi}}{2}) t$ | $\Delta y = (\frac{v_{yf} + v_{yi}}{2}) t$ |

$$\Delta x = v_{xf}t - \frac{1}{2}a_x t^2 \qquad \Delta y = v_{yf}t - \frac{1}{2}a_y t^2$$

مثال: يبدأ جسيم حركته من نقطة الأصل عند $t = 0$ بسرعة ابتدائية مركبتها في اتجاه $x$ تساوي 20.0 m/s ومركبتها في اتجاه $y$ تساوي -15 m/s ، يتحرك الجسيم في المستوى $xy$ بمركبة للتسارع في اتجاه $x$ فقط تعطى بالعلاقة: $a_x = 4.0\ \text{m/s}^2$

أ) أوجد مركبات السرعة المتجهة وقيمتها واتجاهها عند $t = 5.0\ \text{s}$

ب) أوجد الإحداثيات $x$ و $y$ للجسيم عند $t = 5.0\ \text{s}$

ج) اكتب إزاحة الجسيم بدلالة متجهات الوحدة واحسب قيمتها واتجاهها.

الحل:

.a

عند: $t = 5.0\ s$

$$v_x = v_{0x} + a_x t = 20.0 + 4.0(5.0) = 40.0\text{m/s}$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t = -15.0 + 0 = -15.0\text{m/s}$$

$$\rightarrow \vec{v} = 40\,\hat{\imath} - 15\,\hat{\jmath}\ (\text{m/s})$$

$$|v| = \sqrt{(40^2 + (-15)^2)} = \sqrt{1825} \approx 42.7\ \text{m/s}$$

$$\theta = tan^{-1}(-15 / 40) \approx -20.6°\ (\text{تحت محور} +x)$$

.b

$$x = v_{0x}t + ½a_x t^2 = 20(5) + ½(4)(5^2) = 150\text{m}$$
$$y = v_{0y}t + ½a_y t^2 = (-15)(5) + 0 = -75\text{m}$$

.c

$$r = 150\,\hat{\imath} - 75\,\hat{\jmath}\ (\text{m})$$

$$|r| = \sqrt{(150^2 + (-75)^2)} \approx 167.7\ \text{m}$$

$$\theta = tan^{-1}(-75 / 150) = -26.6°$$

(تحت محور $+x$)

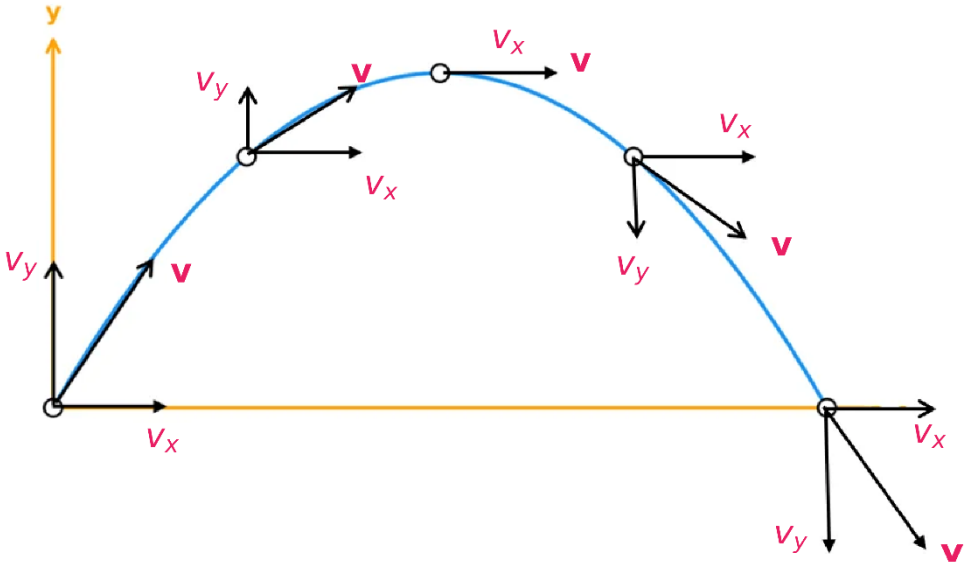
تدريب 5.2: تتحرك سيارة على سطح أفقي بسرعة ابتدائية:$\vec{v}_i = (3\hat{i} - 5\hat{j})$ m/s من الموقع: $\vec{r}_i = (15\hat{i} - 7\hat{j})$ m إذا كان التسارع $\vec{a} = (2\hat{i} + 4\hat{j})$ m/s$^2$ اوجد بعد مرور 10 s: أ) مقدار واتجاه السرعة. ب) موقع السيارة.

التحقق من المفهوم 5.1: السرعة اللحظية لجسيم يتحرك في مسار دائري مركزه نقطة الأصل: $\vec{v} = (2\text{m/s})\hat{i} - (2\text{m/s})\hat{j}$ في أي ربع يتحرك الجسيم إذا كان يتحرك (أ) في اتجاه عقارب الساعة و (ب) عكس اتجاه عقارب الساعة حول الدائرة؟ في الحالتين ارسم متجه السرعة ومتجه الموقع.

# 6 حركة المقذوفات PROJECTILE MOTION

هي حركة في بعدين: $x$ و $y$ ، ويتخذ المقذوف مسار قطع مكافئ، مثل حركة كرة القدم. القوة الوحيدة المؤثرة هي قوة الجاذبية الأرضية، والتسارع الوحيد المؤثر هو عجلة الجاذبية الأرضية $g$ . كان جاليليو أول من وصف حركة المقذوفات بدقة، وبين أنه يمكن فهمها بتحليلها إلى حركتين أفقية ورأسية.

سنهمل مبدئياً مقاومة الهواء في تحليلنا لحركة المقذوف، ونفترض أنه يطلق بسرعة ابتدائية $v_i$ وينطلق بزاوية ابتدائية $\theta$ مع الأفق.




الحركة على محور X

-التسارع الأفقي: $a_x = 0$

- السرعة الأفقية الابتدائية: $v_{xi} = v_i \cos\theta_i$

-السرعة الأفقية (ثابتة): $v_x = v_{xi}$

-الإزاحة الأفقية عند أي لحظة زمنية $t$: $\Delta x = v_x t$

الإزاحة الأفقية عند زمن $t$: $\Delta x = v_{xi} t$

المدى Range: $R = v_x t_f$ حيث: $t_f$: زمن التحليق

الحركة على محور $Y$

- -التسارع العمودي: $a_y = -g$

- السرعة العمودية الابتدائية: $v_{yi} = v_i \sin\theta_i$

-السرعة العمودية متغيرة: تتناقص صعوداً، حتى تصبح صفراً عند أقصى ارتفاع، ثم تزداد أثناء الهبوط.

-تكون السرعات العمودية موجبة أثناء الصعود، وسالبة أثناء الهبوط.

الإزاحة العمودية عند زمن $t$:

$\Delta y = v_{yi} t - \frac{1}{2} g t^2$ أو $\Delta y = \frac{v_{yf} + v_{yi}}{2} t$

ملاحظات مهمة:

- نطبق معادلات السقوط الحر، لحساب كميات الحركة العمودية، ويكون التسارع دائماً على المحور $Y$ هو تسارع الجاذبية الأرضية $g$.
- المشترك بين الحركتين الأفقية والعمودية (السقوط الحر) هو زمن التحليق $t$
- عند قذف جسم من قمة جرف بسرعة أفقية ابتدائية يتخذ مسار نصف قطع مكافئ.

توجيهات عند حل المسائل لحركة المقذوفات:

- اختار نظام الإحداثيات وحلل متجه السرعة الابتدائية إلى مركبتيها في اتجاهي $x$ و $y$
- اتبع الطرق المستخدمة في حل مسائل السرعة الثابتة لتحليل الحركة الأفقية، واتبع طرق حل مسائل العجلة الثابتة لتحليل الحركة الرأسية.

- تشترك الحركة لاتجاهي $x$ و $y$ في نفس زمن الطيران.

تدريب 6.1: قذفت كرة بحيث كانت مركبتها الرأسية والأفقية للسرعة 40.0 m/s و 20 m/s على الترتيب، احسب الزمن الكلي للطيران والمسافة التي تسقط عندها الكرة مقاسة من نقطة بدايتها.

مثال: ركل لاعب كرة قدم بقدمه بزاوية $\theta_o = 37.0^o$ وبسرعة مقدارها 20.0 m/s. احسب ما يلي:

أ) أقصى ارتفاع.

ب) الزمن اللازم حتى تصطدم الكرة بالأرض.

ج) المدى الأفقي الذي قطعته الكرة قبل اصطدامها بالأرض.

د) متجه السرعة عند أقصى ارتفاع.

هـ) متجه التسارع عند أقصى ارتفاع.

افترض أن الكرة غادرت سطح الأرض وأن مقاومة الهواء ودوران الكرة مهملة.

الحل:

المعطيات:

$$v_i = 20.0\,m/s\,, launch\ angle\ \theta^0 = 37.0°, g = 9.80\,m/s^2.$$

$$v_{ix} = v_i cos\theta^0 = 15.973\,m/s = 16.0\ \mathrm{m/s}$$

$$v_{iy} = v_i\ sin\theta_0 = 12.036\,m/s = 12.0\,m/s$$

أ) أقصى ارتفاع

$$H_{\max} = \frac{v_{iy}^2}{2g} - 0 = \frac{(12.036)^2}{2 \times (9.80)} = 7.39\ \mathrm{m}$$

ب) زمن التحليق الكلي: مع ملاحظة أن زمن الصعود = زمن الهبوط

$$T = \frac{2(v_{iy} - 0)}{g} = \frac{2 \times 12.036}{9.80} = 2.46\ \mathrm{s}$$

ج) المدى الأفقي

$$R = v_{ix} \times T = 15.973 \times 2.456 = 39.2\,m$$

د) متجه السرعة عند اقصى ارتفاع

$\boldsymbol{v}_{\mathrm{top}} = 16.0\,\hat{\imath} + 0.0\,\hat{\jmath}\ (m/s) \rightarrow$ أفقي تماما

هـ) التسارع عند أقصى ارتفاع

$$\boldsymbol{a} = 0.0\,\hat{\imath} + -9.80\,\hat{\jmath}\ \left(\frac{m}{s^2}\right) \rightarrow \text{نحوالأسفل}$$

---

تدريب 6.2: افرض أن لاعب كرة القدم في التدريب السابق قد ركل الكرة بقدمه وهي على ارتفاع 1.00 m عن سطح الأرض، ما المسافة الأفقية التي تقطعها الكرة قبل أن تصطدم بالأرض.

تدريب 6.3: استنتج المعادلات التالية:

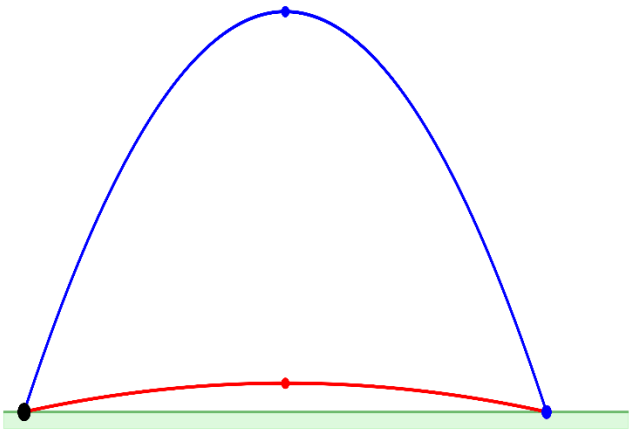
$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g} \qquad h_{max} = \frac{v_i^2 \sin^2 \theta_i}{2g}$$

ملاحظة: (نعوض عن $g$ فيهما بإشارة موجبة)

فكر 6.1: ماهي الزاوية التي تعطى أقصى مدى للمقذوف؟

ملاحظة مهمة:

يمكن الوصول لنفس المدى باستخدام نفس السرعة الابتدائية من خلال الزوايا المتممة لبعضها مثل 15° و 75° ولكن يختلف اقصى ارتفاع وزمن التحليق الكلي.



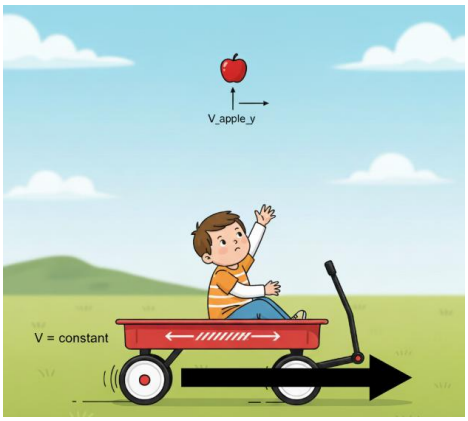
فكر 6.2: أيهما يستغرق وقتاً أطول في الطيران، القذف بزاوية 15° أو 75°، ولماذا؟

التحقق من المفهوم 6.1: عليك أن تطلق صاروخا من فوق الأرض .مع أحد متجهات السرعة الأولية التالية:

$\vec{v}_i = 20\hat{\imath} + 70\hat{\jmath}$(1) $\vec{v}_i = -20\hat{\imath} + 70\hat{\jmath}$(2) ، $\vec{v}_i = 70\hat{\imath} + 20\hat{\jmath}$(3)

رتب المتجهات من الأكبر للأصغر وفق وقت طيران القذيفة .

التحقق من المفهوم 6.2: يجلس طفل في عربة تتحرك بسرعة ثابتة إلى اليمين كما في الشكل. فإذا قذف الطفل التفاحة إلى أعلى في أثناء سير العربة، وإذا أهملنا مقاومة الهواء، فأين ستسقط التفاحة بالنسبة للعربة: (أ) خلفها أم (ب) فيها (ج) أمامها.




مثال: قذف حجر من قمة مبنى إلى أعلى بزاوية $30.0^o$ مع الأفقي، وبسرعة ابتدائية تساوي 20.0 m/s إذا كان ارتفاع المبنى 45.0 m

(a) ما الزمن اللازم للحجر لكي يرتطم بالأرض.

(b) ماهي السرعة المطلقة للحجر قبل أن يرتطم بالأرض مباشرة؟

الحل:

المعطيات

$$v_i = 20.0\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\theta = 30.0°$$

$$h = 45.0\ \text{m}$$

$$g = 9.8\ \text{m/s}^2$$

أ)

$$y = v_{iy}t - (1/2)gt^2$$

باعتبار نقطة انطلاق الحجر عند قمة المبنى هي نقطة الاسناد $y_0 = 0$ تكون الإزاحة النهائية للحجر $y = -45.0\ \text{m}$

$$v_{iy} = v_{iy}sin(30°) = 20 \times 0.5 = 10.0\text{m/s}$$

بالتعويض: $-45.0 = 10.0t - 4.9t^2$

$$\Rightarrow 4.9t^2 - 10.0t - 45.0 = 0$$

نستخدم طريقة المميز لحل معادلات الدرجة الثانية مع تجاهل القيمة السالبة.

$$t = 10 \pm \sqrt{\frac{10^2 + (4 \times 4.9 \times 45)}{2 \times 4.9}}$$

$t = 4.23\ s$ (نهمل الحل السالب)

ب)

$$v_{fy} = v_{iy} - gt = 10.0 - 9.8 \times 4.23 = -31.45\text{m/s}\ (\text{للأسفل})$$

(ثابتة): $v_x = v_i\ cos(30°) = 20 \times 0.866 = 17.32\ \text{m/s}$

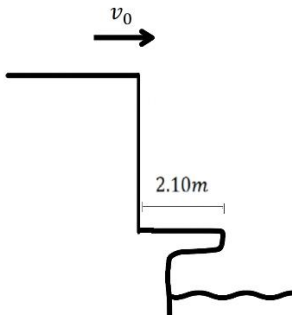
$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_{fy}^2)} = \sqrt{(17.32^2 + 31.45^2)} = 35.9\ \text{m/s}$$

---

تدريب 6.4: من استنتاجات جاليليو أن الجسم الذي يقذف أفقياً يصل إلى الأرض في الوقت نفسه مع الجسم الذي يسقط سقوطاً حراً إلى الأسفل. كيف تثبت ذلك؟

التحقق من المفهوم 6.3: إذا تدحرجت كرتان على سطح طاولة بسرعتين مختلفتين، ثم سقطتا من سطح الطاولة في الوقت نفسه، أيهما سيصطدم بالأرض أولاً؟

تدريب 6.5: يقفز سباح من حافة افقية كما في الشكل. ما الحد الأدنى اللازم لسرعته عندما يغادر الحافة حتى يتفادى الاصطدام بالحافة السفلية التي عرضها 2.10 m وتبعد عن الحافة العلوية 8.00 m

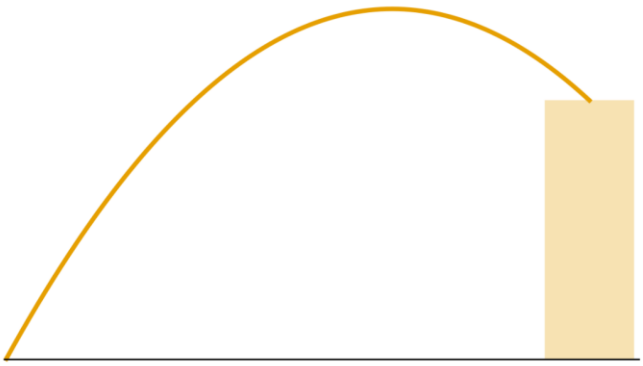


تدريب 6.6: يُطلق مقذوف صغير من مستوى الشارع نحو مبنى مرتفع بسرعة أولية مقدارها $38.0\ \mathrm{m/s}$ بزاوية $\theta_0 = 55.0°$ فوق الأفقي. يسقط الحجر على سطح المبنى المستوي بعد $4.80\ s$ من إطلاقه. مع تجاهل مقاومة الهواء، أوجد:

أ) ارتفاع السطح فوق مستوى الشارع.

ب) سرعة الحجر قبل أن يلامس السطح مباشرة.

ج) أقصى ارتفاع يصل إليه الحجر فوق مستوى الشارع.

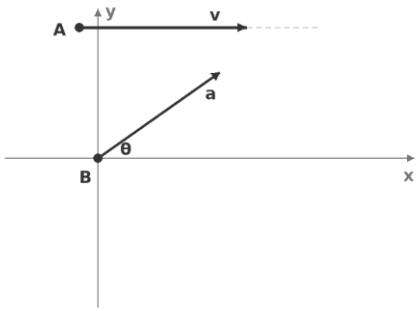


تدريب 6.7: يقف لاعب كرة سلة على بعد $8.0m$ أفقياً عن السلة. إذا رمى الكرة بزاوية $35°$ فوق الأفقي من ارتفاع $2.2\ m$، فما السرعة الابتدائية اللازمة لكي تمر الكرة من خلال حلقة السلة التي ارتفاعها $3.0\ m$ مباشرة؟

تدريب 6.8: تتحرّك طائرة مسيّرة أفقيًا بسرعة ثابتة مقدارها $3.0\ \mathrm{m/s}$ على ارتفاع $30.0\ \mathrm{m}$ فوق سطح الأرض. إذا قامت منصة دفاع صاروخي بإطلاق صاروخ لاعتراض الطائرة في اللحظة التي تمرّ فيها الطائرة مباشرة فوق المنصّة، فبأي زاوية $\theta$ عن المحور الرأسي ($+y$) يجب إطلاق الصاروخ ليصيب الطائرة، علمًا بأن مقدار تسارع الصاروخ ثابت في أي اتجاه ويساوي $0.40\mathrm{m/s^2}$ ؟

## 6.1 أسئلة إضافية ADDITIONAL PROBLEMS

سؤال1: طائرة درون تتحرك أفقياً بسرعة ثابتة مقدارها 3.0 m/s على ارتفاع 30.0 m فوق سطح الأرض، إذا أطلقت منصة دفاع صاروخاً لاعتراض الطائرة في اللحظة التي مرت فيها الطائرة فوق المنصة مباشرة، ما الزاوية $\theta$ مع العمودي $+y$ التي يجب إطلاق الصاروخ بها حتى يصيب الطائرة، إذا انطلق الصاروخ من السكون وكان مقدار تسارعه $0.40\text{m/s}^2$ ثابتاً في أي اتجاه يوجه إليه؟




سؤال2: طائرة نفاثة تحلق على ارتفاع ثابت عند الزمن $t_1 = 0$ كانت مركبات السرعة: $v_{xi} = 50$ m/s و $v_{yi} = 80$ m/s وعند الزمن $t_2 = 30.0$ s كانت المركبات: $v_{xf} = -80$ m/s و $v_{yf} = 40$ m/s

أ) ارسم متجهة السرعة عند الزمن $t_1$ و $t_2$

ب) أوجد مركبات التسارع المتوسط.

ج) أوجد مقدار واتجاه التسارع المتوسط.

سؤال3: بدأ جسيم حركته من نقطة الأصل عند $t = 0$ بسرعة ابتدائية $(8.0\hat{j})$ m/s وتحرك على مستوى $xy$ بتسارع ثابت $(4\hat{i} + 2\hat{j})$ m/s$^2$، في اللحظة التي يكون الاحداثي $x$ للجسيم $x_f = 30$ m فما هي قيمة الاحداثي $y_f$ ؟

سؤال4: انطلق جسم من نقطة الأصل عند الزمن $t = 0$ بتسارع ثابت وبسرعة ابتدائية $\vec{v_i} = (3.00\hat{i} - 2.00\hat{j})$ m/s، عند الزمن $t = 3.00$ s اصبحت سرعة الجسم $\vec{v_f} = (9.00\hat{i} + 7.00\hat{j})$ m/s احسب:

أ) تسارع الجسيم.

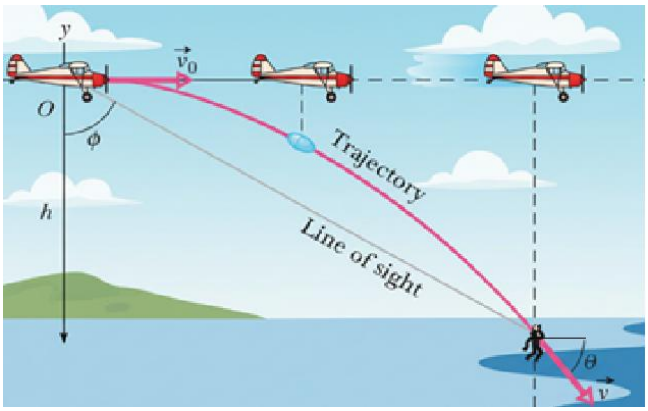
ب) متجه الموضع بدلالة الزمن.

سؤال5: يوضح الشكل سفينة قراصنة تبعد 450 m من حصن يدافع عن مدخل المرفأ، مدفع للدفاع يقع على مستوى سطح البحر، يطلق القذائف بسرعة أولية $v_0 = 75$ m/s (a) بأي زاوية من الأفقي يجب إطلاق القذائف لتضرب السفينة. (b) ما هو أقصى مدى لقذائف المدفع؟

سؤال6: تحلق طائرة إنقاذ بسرعة ثابتة 62.0 m/s على ارتفاع ثابت $h = 6.00\times10^2$ m باتجاه نقطة تقع مباشرة فوق المصاب، حيث تهبط كبسولة الإنقاذ.

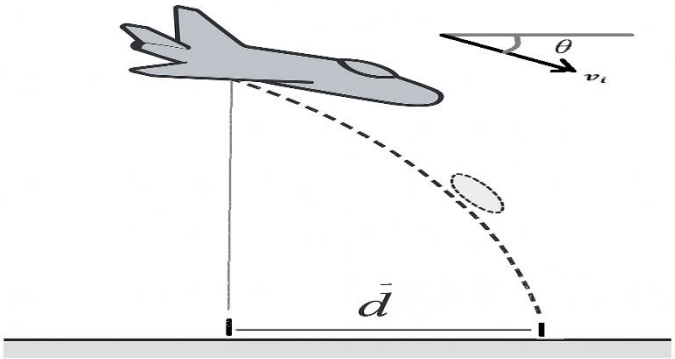
أ) ما هي زاوية خط رؤية الطيار للضحية $\phi$ عند تحرير الكبسولة؟

ب) عندما تصل الكبسولة إلى الماء .اكتب سرعتها بدلالة متجهات الوحدة واحسب قيمتها واتجاهها.




سؤال7: طائرة تبلغ سرعتها 320.0 km/h تحلق بزاوية $\theta = 35.0^o$ درجة تحت الأفقي عندما يطلق الطيار شرك رادار. المسافة الأفقية بين نقطة الإطلاق والنقطة التي يصطدم فيها الشرك بالأرض هي d=850 m.

(a) ما هي مدة تحليق الشرك في الهواء؟ (b) ما ارتفاع نقطة الإطلاق؟



سؤال8: يوجه رجل إطفاء تيارًا من الماء من خرطوم يرتفع 1.20 m فوق سطح الأرض. يخرج الماء من الفوهة بسرعة 24.0 m/s بزاوية 35° فوق الأفقي. يقع جدار مبنى على بعد 10.0 m أفقيًا من الفوهة. على أي ارتفاع فوق سطح الأرض سيصطدم الماء بالجدار؟

سؤال9: مقذوفان أطلقا عند نفس اللحظة بزاويتين مختلفتين هما $30^0$ و $60^0$، ماهي النسبة بين سرعتيهما الابتدائية، إذا قطعا نفس المسافة الأفقية في نفس الوقت (خلال الحركة)؟

سؤال10: أقصى مسافة أفقية يستطيع طفل أن يرمي كرة إليها هي 40.0 m، ماهي أقصى مسافة رأسية يستطيع الطفل قذف الكرة إليها، افرض أن قوة عضلات الطفل تعطي الكرة نفس السرعة في الحالتين.

# 7 اختبار تجريبي SIMULATION TEST

س1: ما هو المقاس المنطقي لحُبيبة رمل من بين الخيارات التالية؟

أ) $1\ \text{m}$
ب) $2\ \text{cm}$
ج) $1\ \text{mm}$
د) $1\ \mu\text{m}$

س2: الإلكترون فولت (eV) هي وحدة طاقة تُستخدم عند التعامل مع الأنظمة المجهرية. وحدة الإلكترون فولت (1 eV) تعادل $1.6 \times 10^{-19} J$ . الطاقة اللازمة لتأيين ذرة الهيدروجين هي $2.18 \times 10^{-18} J$ . عبّر عن هذه الطاقة بوحدة (eV).

أ) $73.4\ \text{eV}$
ب) $13.6\ \text{eV}$
ج) $3.5 \times 10^{-35}\text{eV}$
د) $0.1\text{eV}$

س3: $V_0 = 270\ \text{ml}$ من الماء يتم صبها في وعاء زجاجي ثم يتم تجميدها. ما هو الحد الأدنى لحجم الوعاء $V$ بحيث لا يتحطم الوعاء عندما يتحول الماء إلى ثلج؟ كثافة الماء هي $1.00\ \text{g/cm}^3$ وكثافة الثلج هي $0.917\ \text{g/cm}^3$.

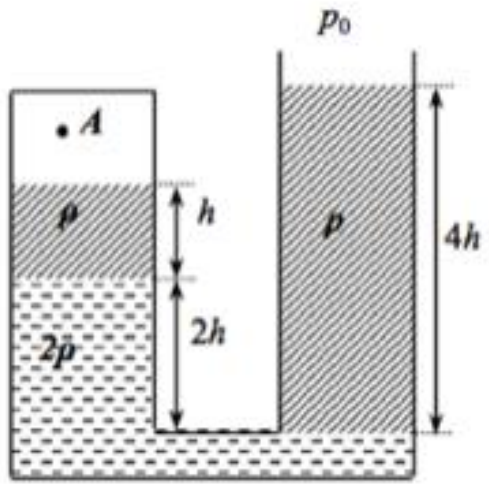
أ) $247\ \text{ml}$
ب) $270\ \text{ml}$
ج) $294\ \text{ml}$
د) $1000\ \text{ml}$

س4: يطفو جسم بحيث يكون $1/4$من حجمه خارج السائل عند وضعه في السائل A، ويكون $1/2$من حجمه خارج السائل عند وضعه في السائل B. كثافة السائل A هي $\rho_A$ ، احسب كثافة السائل B.

أ) $\rho_B = \frac{1}{2}\rho_A$
ب) $\rho_B = 2\rho_A$
ج) $\rho_B = \frac{3}{2}\rho_A$
د) $\rho_B = \frac{2}{3}\rho_A$

س5: احسب ضغط الهواء فوق سطح السائل عند النقطة A داخل القسم المغلق من الأنبوب المنحني. القيم المعطاة هي $\rho = 800\ \text{kg/m}^3$، $h = 20\ \text{cm}$، $g = 10\ \text{m/s}^2$. يوجد سائلان كثافتهما $\rho$ و $2\rho$ مع العلم أنهما لا يختلطان مع بعضهما البعض. ضغط الهواء فوق الوعاء هو $p_0 = 10.0\ \text{kPa}$.

أ) 24.4 kPa
ب) 8.4 kPa
ج) 3.6 kPa
د) 11.6 kPa




س6: يطفو مكعب ثلج يتكون من ماء نقي في زجاجة ماء مالح. كيف سيتغير مستوى سطح الماء في الزجاجة بعد انصهار الثلج؟

أ) سيرتفع مستوى الماء
ب) سيقل مستوى الماء
ج) سيظل مستوى الماء ثابتا
د) يعتمد على حجم مكعب الثلج

س7: عند قياس الضغط في البحر، حصلنا على النتائج الآتية: الضغط على ارتفاع 50 m من القاع أكبر 3 مرات من الضغط عند عمق 50 m. أوجد عمق البحر. أهمل الضغط الجوي.

أ) 100 m
ب) 200 m
ج) 450 m
د) 600 m

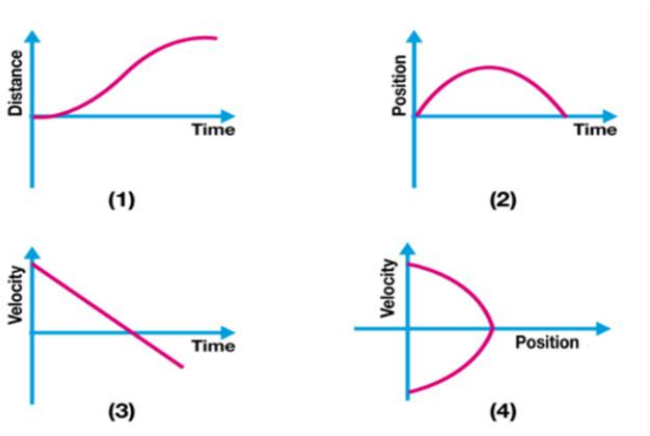
س8: يفترض أن جميع الرسوم البيانية أدناه تمثل نفس الحركة. واحدة من تلك الرسوم تمثل الحركة بشكل غير صحيح. اخترها.

أ) 1

ب) 2

ج) 3

د) 4




س9: تقطع الحافلة مسافة $8\ km$ في 23 دقيقة. سرعة الحافلة وهي تتحرك هي $40\ km/h$. كم من الوقت تقضيه هذه الحافلة في محطات التوقف؟

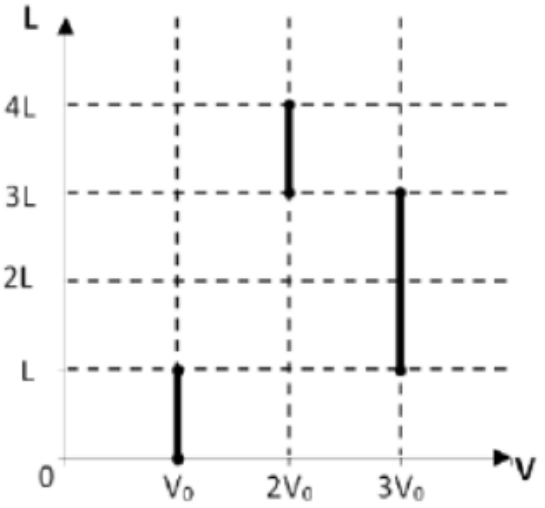
أ) 3 دقائق

ب) 11 دقيقة

ج) 12 دقيقة

د) 1/5 ساعة

س10: يوضح الرسم البياني علاقة المسافة المقطوعة بواسطة جسم ما مع سرعته. حدد السرعة المتوسطة للجسم على طول المسار بأكمله.




أ) $\frac{24}{13}\ v_0$

ب) $\frac{4}{3}\ v_0$

ج) $v_0$

د) $\frac{3}{4}\ v_0$

س11: غادر رجلان مسنان من A إلى B ومن B إلى A عند شروق الشمس متجهين نحو بعضهما البعض (على نفس الطريق). التقيا عند الساعة 12:00، لكنهما لم يتوقفا، واستمر كل منهما في المشي بنفس السرعة. وصل الأول إلى (B) في الساعة 16:00، ووصل الثاني إلى (A) في الساعة 21:00. في أي وقت كان شروق الشمس في ذلك اليوم؟

أ) 5:00

ب) 5:30

ج) 6:00

د) 8:00

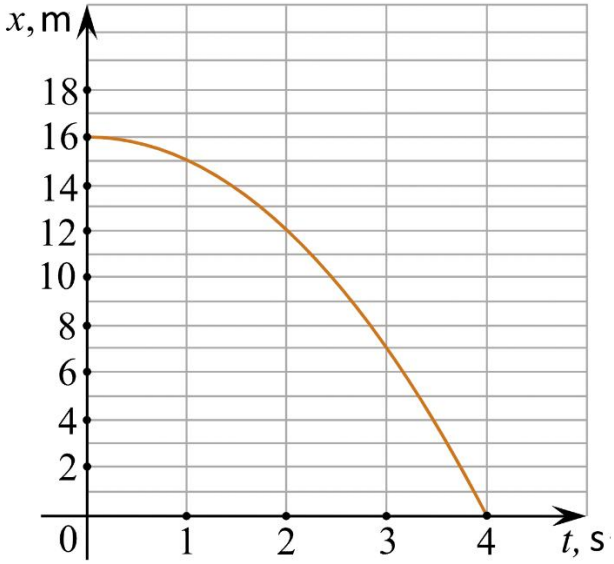
س12: يبدأ جسم حركته بتسارع ثابت على طول المحور السيني، وتكون سرعته الابتدائية صفرًا. يوضح الرسم البياني علاقة الإحداثي السيني مع الزمن. ما هي قيمة سرعة هذا الجسم عند الزمن $3s$؟

أ) $0\ \mathrm{m/s}$

ب) $6\ \mathrm{m/s}$

ج) $-6\ \mathrm{m/s}$

د) $-2\ \mathrm{m/s}$




س13: يقف شخص على حافة مخرج طوارئ، ويقذف في اللحظة نفسها حجرين: أحدهما للأعلى بسرعة $7m/s$ ، والآخر للأسفل بنفس السرعة. ما المسافة بين الحجرين بعد مرور ثانيتين من لحظة القذف، بافتراض أن أياً منهما لم يصل إلى الأرض بعد؟

أ) 14 m
ب) 20 m
ج) 28 m
د) 34 m

س14: قُذف جسم بسرعة ابتدائية $v$ إلى الأعلى. عندما اصبحت سرعته $v/2$، كان قد ارتفع مسافة مقدارها $h$. بإهمال مقاومة الهواء، ما الارتفاع الأقصى الذي سيصل إليه الجسم؟

أ) $5h/4$
ب) $4h/3$
ج) $3h/2$
د) $2h$

س15: سيارة تسير شمالًا بسرعة $20\ km/h$ ، ثم تنعطف شرقاً ، وتستمر في الحركة بنفس السرعة .إذا استغرقت 10 ثوانٍ لإكمال المنعطف، فإن مقدار التسارع المتوسط أثناء الانعطاف يساوي:

أ) 0

ب) $1.1\text{m/s}^2$

ج) $0.55\ \text{m/s}^2$

د) $0.78\text{m/s}^2$

س16: إذا كان : $\vec{A} = \vec{B} + \vec{C}$ وكانت قيم المتجهات $\vec{A}$ , $\vec{B}$ و $\vec{C}$ هي 4 , 5 و 3 units على التوالي، فإن الزاوية بين المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{C}$ هي :

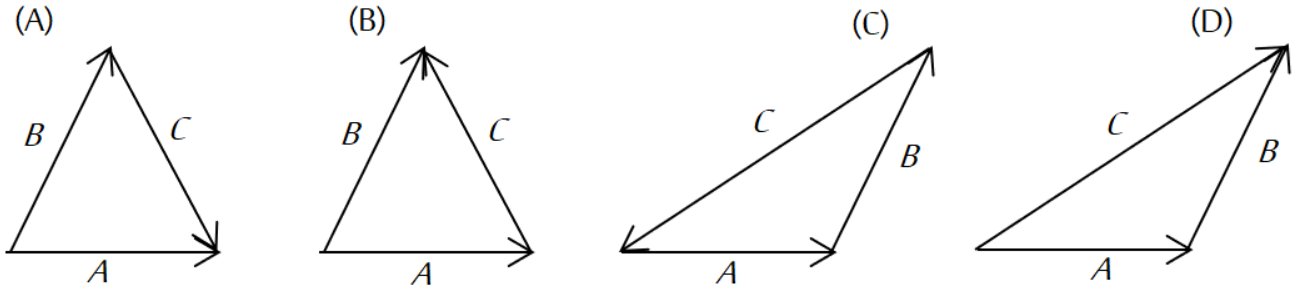
أ) $90^0$

ب) $53.1^0$

ج) $36.9^0$

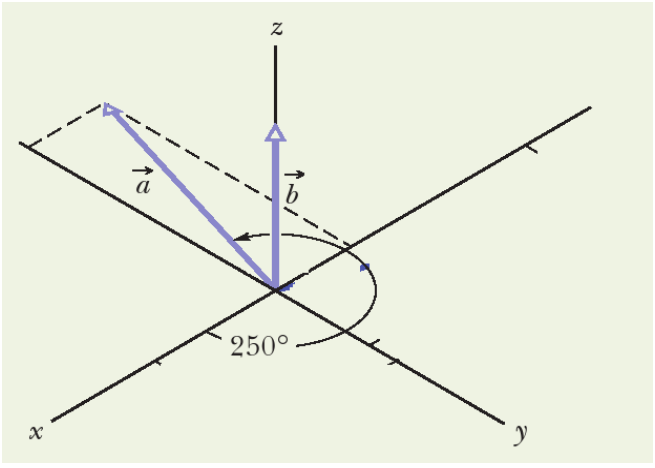
د) $27.6^0$

س17: ترتبط ثلاثة متجهات بالعلاقة : $\vec{C} = -\vec{A} - \vec{B}$، أي الرسوم التالية تمثل العلاقة الصحيحة بينها ؟




س18: في الشكل، المتجه $\vec{a}$ يقع في المستوى xy ، وله مقدار 18 units ويصنع زاوية $250^0$ مع محور x الموجب، ايضا المتجه $\vec{b}$ له مقدر 12 units ويشير للاتجاه الموجب للمحور z

إذا كان: $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ ، فإن الزاوية التي يصنعها المتجه $\vec{c}$ مع محور x الموجب تساوي :



أ) $210^0$

ب) $160^0$

ج) $90^0$

د) $0$

س19: مدى مقذوف أُطلق بزاوية $15^0$ بالنسبة للأفق هو $1.5\ km$ ما هو مداه إذا أُطلق بزاوية $45^0$ بالنسبة للأفق بنفس السرعة الكلية ؟

أ) $0.75\ km$

ب) $3.0\ km$

ج) $1.5\ km$

د) $6.0\ km$

س20: طول متجه سرعة مقذوف عند أقصى ارتفاع تساوي نصف طول سرعته الابتدائية $u$، المدى الأفقي للمقذوف يساوي :

أ) $\frac{u^2}{\sqrt{3}g}$

ب) $\frac{2u^2}{\sqrt{3}g}$

ج) $\frac{\sqrt{3}u^2}{2g}$

د) $\frac{\sqrt{3}u^2}{g}$

س21. يستطيع الجندب القفز لمسافة أفقية أقصاها $0.2\ m$، إذا استمر في القفز بهذه الطريقة، بحيث تكون فترة مكوثه على الأرض ضئيلة جداً، فإن سرعته التي يتحرك بها للأمام تكون تقريباً :

أ) $1\ m/s$

ب) $2\ m/s$

ج) $3\ m/s$

د) $4\ m/s$

س22: جسمان A و B يسقطان سقوطاً حراً باتجاه الارض بحيث كانا موازيان لبعضهما، لو تمت إضافة تسارع أفقي للجسم A ، أي العبارات التالية صحيحة؟ اهمل مقاومة الهواء

أ) يصل الجسم A لسطح الأرض اولاً

ب) يصل الجسم B لسطح الأرض اولاً

ج) يصل الجسمان لسطح الأرض معاً

د) يزيد التسارع الرأسي للجسم A

س23: يتحرك جسيم على سطح أفقي بسرعة ابتدائية: $[-\vec{\imath}+3\vec{\jmath}]m/s$ من الموقع $[2\vec{\imath}-5\vec{\jmath}]m$، إذا كان التسارع الثابت للجسيم $[\vec{\imath}+2\vec{\jmath}]m/s^2$ ، فإن سرعته المتوسطة بعد مرور 5 ثواني بوحدة $(m/s)$ تساوي:

أ) $4\vec{\imath}+13\vec{\jmath}$
ب) $9.5\vec{\imath}+35\vec{\jmath}$
ج) $7.5\vec{\imath}+40\vec{\jmath}$
د) $5\vec{\imath}+15\vec{\jmath}$

س24: أي الرسوم البيانية التالية تمثل بشكل صحيح تغير المركبة العمودية $v_y$ لسرعة مقذوف مع الزمن $t$ ، حتى عودته لسطح الأرض، علماً بأنه أطلق من سطح الارض بزاوية $45^\circ$ مع الافقي ؟