

الوحدة الأولى

الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



المقدمة

العالم من حولك في حالة حركة ديناميكية مستمرة ، حيث تختلف حركة مكونات هذا العالم وفق إبداع الخالق ، عندما أعطى سبحانه وتعالى كل مخلوقاته شكلاً محدداً من الحركة يتوافق مع الدور الذي خُلق من أجله في تسير هذا الكون ويساعده في تكييف حياته بما يتناسب وظروف البيئة المحيطة به ، فالحيوانات والطيور تتخذ من أسلوب الحركة وسيلة للتكيف والبقاء، كالهروب والهجرة من قطر لآخر عبر آلاف الكيلومترات ! فأنت قد تهتم بنوع السيارة التي اشترتها أسرتك ومدى سرعتها واستقرارها في أثناء الحركة ، كما أنه من المهم بأن تعطي وصفاً دقيقاً لزوار السلطنة عن مناطقها السياحية الجميلة وكيفية الوصول إليها شرقاً وغرباً ، شمالاً وجنوباً ، ولكن ماذا عن مكونات العالم الأخرى مثل حركة الأجرام السماوية التي تتحرك وفق نظام دقيق إذا اختل في ثانية

واحدة فقط سيؤدي إلى اختلال العالم بأسره. بمن فيه الإنسان.

من هنا نستطيع إدراك مدى أهمية دراسة الحركة والديناميكا في علم الفيزياء ، حيث ستقوم خلال هذه الوحدة باستكشاف أنواع الحركة ، وما يرتبط بها من مفاهيم فيزيائية تساعدك على الوصف الدقيق لأنواع الحركة ، هذا ما يتضمنه الفصل الأول. أما في الفصل الثاني من هذه الوحدة فسوف تستكشف أهم ثلاثة قوانين في علم الفيزياء والتي استفادت منها العلوم الأخرى في شرح وتوضيح كثير من المفاهيم العلمية والتطبيقات الحياتية ، تسمى هذا القوانين بقوانين نيوتن للحركة نسبة إلى العالم الفيزيائي الفذ إسحاق نيوتن .

وسوف تتمكن أثناء دراستك لهذه الوحدة من الإجابة عن الأسئلة التالية :

- ١- كيف يمكنك أن تعطي وصفاً دقيقاً لسائح يريد أن يزور محافظة طفار أثناء خريف صلالة متوجهاً من محافظة مسقط ؟
- ٢- ما المعلومات التي ينبغي أن تحويها خرائط المناطق السياحية في سلطنة عمان؟ ولماذا؟
- ٣- كيف يمكن للاعب كرة السلة أن يحرز هدفاً وهو على بعد ستة أمتار تقريباً من موقع السلة؟
- ٤- ما المبدأ الذي يستخدمه علماء الفضاء عند إطلاق الأقمار الصناعية بحيث تدور حول الكرة الأرضية ولا تصطدم بها ؟
- ٥- إذا كنت راكباً حافلة ، فما سبب اندفاعك إلى الوراء عندما تبدأ الحافلة بالحركة ؟
- ٦- لماذا تحتاج إلى قوة أكبر لدفع عربة التسوق عندما تكون مليئة بالأغراض ؟
- ٧- إذا لبست حذاء التزلج ودفعت الحائط بيديك ستندفع إلى الوراء ، ما السبب في حدوث ذلك؟
- ٨- ما سبب بقاء كواكب المجموعة الشمسية في مسارها أثناء دورانها حول الشمس ؟

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



الفصل الأول : الحركة

Motion

مقدمة :

الحركة *motion* تعبير نلاحظه في أنشطة حياتنا اليومية بدءاً من حركة

السيارات في شبكة الطرق ، مروراً بحركة الأشجار أو حركة بذورها بفعل الرياح ، أو بفعل الحشرات أو الكائنات الحية الأخرى التي بدورها تقوم بحركات تكيفت لها لبقائها حية على وجه الأرض.

هذا التعبير يكشف عن أسرار الحياة حيث لا حياة عند غياب الحركة، وقد يكون من السهل تعرّف على الحركة لكن من الصعب إدراك الحركة ، خاصة في حالات حركة الأجسام الميكروسكوبية التي من الصعب ملاحظتها كحركة الكائنات الدقيقة ، وحركة الإلكترونات في الأسلاك الموصلة للتيارات الكهربائية ، أو في حالة الأجسام الضخمة كحركة الأجرام السماوية والأقمار الصناعية.

من هنا تطلب علم دراسة الحركة (الميكانيكا) استكشاف وتحديد عدة مفاهيم فيزيائية ترتبط بمعدل الزمن مثل السرعة والتسارع .

في هذا الفصل سوف نتطرق إلى دراسة علم الحركة من خلال دراسة الحركة في خط مستقيم *linear motion* (في بعد واحد) ، وكذلك الحركة في بُعدين كالمقذوفات *projectiles* وما يرتبط بها من قوانين وعلاقات رياضية وبيانية .

الموضوعات الرئيسة

الحركة في بعدين .
المتجهات .
المقذوفات في مستوى .

الحركة الخطية .
معادلات الحركة الخطية .
السقوط الحر .
منحنيات الحركة الخطية .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

مصطلحات علمية جديدة



Linear Motion	الحركة الخطية
Free Fall	السقوط الحر
Motion in Two Dimensions	الحركة في بعدين
Vectors Resolution	تحليل المتجهات
Projectiles	المقذوفات في مستوى

عناوين الاستكشافات

- الاستكشاف (١)
تصنيف الكميات الفيزيائية.
- الاستكشاف (٢)
كيفية قياس السرعة عملياً.
- الاستكشاف (٣)
تحدي سرعة الاستجابة.
- الاستكشاف (٤)
نموذج منحنيات الحركة.
- الاستكشاف (٥)
الحاسوب المساعد.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



١-١ الحركة الخطية Linear Motion

إن أبسط أنواع الحركة ما يسمى بالحركة الخطية أو الحركة في بعدٍ واحدٍ *motion in one dimension* ، وهي قد تكون أفقية كالحركة التي يمارسها هواة رياضة المشي في خطٍ مستقيمٍ ، أو قد تكون رأسية كحركة إسقاط الكرة في خطٍ مستقيمٍ من ارتفاع محدد من على سطح الأرض، كما أن حركة الجسم في مستوى *inclined plane* كحركة السيارة على منحدر، مثال آخر على الحركة الخطية. ومن المهم إدراكك أن الجسم الذي يتحرك حركة خطية قد يغير من اتجاهه في أثناء الحركة الخطية ، كحركة السيارة باتجاه الشمال ، ثم بعد ذلك باتجاه الشرق مثلاً ، وهكذا ، وهذه الحركة تظل حركة خطية.

إن دراسة علم الحركة بكافة أنواعها تتطلب معرفة بعض الكميات الفيزيائية التي سبق أن درستها في الصف العاشر، وعرفت أنها تصنف إلى عددية *scalars* ومتجهة *vectors* . والاستكشاف الآتي سيساعدك على تذكر هذه المعلومات المهمة حتى تتمكن من دراسة عالم الحركة بسهولة.



تصنيف الكميات الفيزيائية .

سؤال علمي : كيف يمكنك تصنيف الكميات الفيزيائية بواسطة خريطة مفاهيمية ؟

المواد والأدوات : ورق قلاب ، أو شفافيات ، أقلام ملونة ، مسطرة .

الإجراءات :

١ من خلال دراستك السابقة للكميات الفيزيائية العددية والمتجهة قم ببناء خريطة مفاهيمية

موضحاً الآتي :

(أ) المصطلحات الفيزيائية لكلٍ من الكميات العددية والمتجهة .



- (ب) تعريف كل من الكميات العددية والكميات المتجهة.
- (ج) الرموز العلمية المستخدمة للتعبير عن الكميات العددية والمتجهة.
- (د) العلاقات الرياضية المعبرة عن كل من الكميات العددية والكميات المتجهة.
- ٢ قم بعرض الخريطة المفاهيمية في المكان المخصص لك.
- ٣ قارن بين الخريطة المفاهيمية التي قمت ببنائها والخرائط المفاهيمية التي أعدها زملاؤك.
- ٤ قم بإجراء التعديلات المناسبة لخريطتك بعد مناقشة مع زملائك والمعلم في الصف.
- ٥ احتفظ بالخريطة المفاهيمية في ملفك فقد تحتاج إليها لاحقاً لإضافة مفاهيم فيزيائية جديدة.

التحليل والتفسير :

- ١- كيف يساعدك بناء خريطة مفاهيمية على استدعاء المعلومات السابقة؟
- ٢- فسّر: من السهل استخدام الخرائط المفاهيمية لإثبات العلاقات الرياضية بين الكميات الفيزيائية.

اختبر فهمك

- ١- اذكر مثالين من واقع حياتك اليومية على كميات فيزيائية عددية ، ومثالين آخرين على لكميات متجهة مع تفسير لإجابتك.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

■ الإزاحة في الحركة الخطية Displacement in Linear Motion

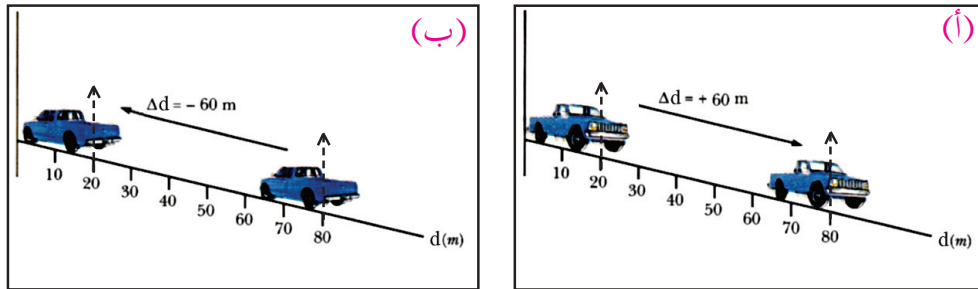
تُعتبر الإزاحة *displacement* كمية فيزيائية متجهة إحدى أهم الكميات التي تساعدنا على وصف حركة الأجسام والأشياء في حياتنا اليومية. وحيث إنك تعلم أن الجسم المتحرك لا بد له من نقطة بداية (بداية الحركة) ونقطة نهاية (نهاية الحركة) ؛ لذا فعند تعريف الإزاحة لا بد أن نأخذ بعين الاعتبار هاتين النقطتين بالإضافة إلى الاتجاه الذي يتحرك إليه الجسم . كما لا بد من تحديد نقطة الأصل *origin* كنقطة مرجعية لتحديد نقطتي البداية والنهاية ، وغالباً ما تُساوي نقطة الأصل صفراً، من هنا يمكننا تعريف الإزاحة بأنها مقدار التغير في موقع الجسم في اتجاهٍ محددٍ، ويرمز إليها الرمز $(\Delta \vec{d})$ ويعبر عنها رياضياً كالآتي:

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \quad (1-1)$$

حيث: \vec{d}_f هي الموقع النهائي للجسم و \vec{d}_i هو الموقع الابتدائي للجسم ، وحيث إن الإزاحة كمية متجهة فلا بد من وضع إشارة (→) للدلالة على ذلك . ومن المهم تذكر أن وحدة قياس الإزاحة هي المتر (*m*) بناءً على النظام الدولي للوحدات *SI* .

📖 مثال (١) :

تتحرك شاحنة باتجاه الشرق، كما هو موضح في الشكل (١-١) ، احسب مقدار الإزاحة في الحالة (أ) والحالة (ب) ، وفسّر إجابتك .



الشكل (١-١)



الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الحل :

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \quad (أ)$$

من الرسم $d_i = 20 \text{ m}$ و $d_f = 80 \text{ m}$

$$\therefore \Delta \vec{d} = 80 - 20 = 60 \text{ m}$$

$\therefore \Delta \vec{d} = 60 \text{ m}$ باتجاه اليمين من نقطة البداية

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \quad (ب)$$

من الرسم $d_i = 80 \text{ m}$ و $d_f = 20 \text{ m}$

$$\therefore \Delta \vec{d} = 20 - 80 = - 60 \text{ m}$$

$\therefore \Delta \vec{d} = 60 \text{ m}$ باتجاه اليسار من نقطة البداية

إن إشارة السالب في الحالة (ب) تدل على أن اتجاه الحركة يصبح عكس اتجاه الحركة في الحالة (أ) باعتبار اتجاه الحالة (أ) هو الاتجاه الطبيعي (الموجب) للحركة ، وأن نقطة الأصل المرجعية هي الصفر .

■ السرعة في الحركة الخطية Velocity in Linear Motion

سبق أن تعرفت مفهوم السرعة *speed* وهي كمية عددية وتُعرف بأنها معدل التغير في المسافة *distance* ، كذلك عرفت السرعة المتجهة *velocity* وتُعرف بأنها معدل التغير في الإزاحة. من المهم هنا التركيز على مفهوم "معدل التغير *rate*" الذي يعبر عن عملية قسمة الكمية الفيزيائية على الزمن. كما علمت أن وحدة السرعة والسرعة المتجهة تساوي وحدة المسافة مقسومة على وحدة الزمن ، وتعبير آخر تساوي المتر/ الثانية حسب النظام الدولي للوحدات، غير أن للسرعة وحدات أخرى قد تكون مضاعفات أو أجزاء للوحدات الدولية . (س : اذكر بعضاً منها؟)

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



غير أن لمفهوم السرعة عدة مصطلحات أخرى تصف حالة السرعة ، منها السرعة اللحظية *instantaneous speed* . وخير مثال على ذلك السرعة في حالة السيارة التي قد تتحرك بسرعة 80 km/h في لحظة بعينها وبعد لحظة تصبح السرعة صفراً عند التوقف عند إشارة المرور الحمراء. كيف يمكن لسائقي المركبات معرفة السرعة اللحظية ؟

التطبيقات الحياتية

في كل سيارة يوجد جهاز لقياس السرعة اللحظية، حيث يقيس هذا الجهاز السرعة التي يقود بها السائق سيارته بوحدة km/h إلا أن بعض السيارات تزود بهذه الأجهزة التي تقيس السرعة بوحدة الميل لكل ساعة mile/h ؛ وذلك لأن بعض البلدان تستخدم وحدة الميل بدلاً من الكيلومتر لقياس المسافات، كما أن أجهزة ضبط السرعة (الرادار) صممت لكي



تستطيع التقاط السرعة اللحظية للمركبات والزمن في تلك اللحظة بدقة .

هناك مصطلح آخر للسرعة يعرف

بالسرعة المنتظمة *constant speed*

ويستخدم عندما يقطع الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية، وهو تعبير عن أن الجسم يتحرك بسرعة ثابتة.

أما المصطلح الثالث للسرعة فهو ما

يعرف **بالسرعة المتوسطة** *average speed*

عادة ما يحتاج منظمو سباقات السيارات أو الدراجات بأنواعها إلى معرفة السرعة المتوسطة التي يتحرك بها المتسابق ، حيث إن السرعة من الصعب أن تكون ثابتة خلال فترة السباق ، خاصة عند المنحنيات والمنحدرات ، لذا

يلجأ المنظّمون إلى استخدام مصطلح السرعة المتوسطة حيث تحسب كالاتي:

السرعة المتوسطة = المسافة المقطوعة الكلية / الزمن المستغرق

أي أن :

$$v_{av} = \Delta d / \Delta t \quad (٢-١)$$



يتضح مما سبق أن حساب السرعة المتوسطة لا يعطى إشارة إلى التغيرات في السرعة في أثناء الرحلة التي نحن ندركها من خلال خبراتنا اليومية . وهذا هو الاختلاف بين السرعة المتوسطة وكل من السرعة اللحظية والسرعة المنتظمة .

٢ الاستكشاف

كيفية حساب السرعة عملياً

سؤال علمي : كيف تختلف السرعة المتوسطة عن السرعة اللحظية ؟

الإجراءات :

- ١ اقترح المواد والأدوات اللازمة لتصميم استكشاف لحساب كل من السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية.
- ٢ صمم استكشافاً يساعدك على حساب كل من السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية عملياً لجسم يتحرك بسرعة غير منتظمة.
- ٣ سيزودك المعلم ببعض التعليمات ومعايير تصميم الاستكشاف.
- ٤ قم بعرض تصميمك للمعلم لأخذ الموافقة أو التوجيهات اللازمة قبل تنفيذ الاستكشاف.
- ٥ قم بتنفيذ الاستكشاف وحساب السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية رياضياً.
- ٦ اكتب عدداً من الأسئلة لزملائك للإجابة عنها في أثناء تنفيذ الاستكشاف.

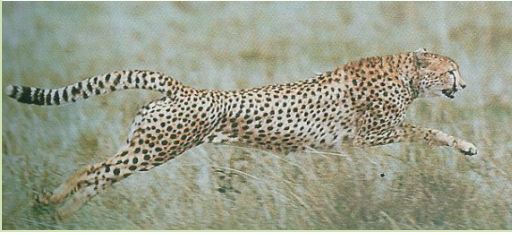
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

اختبر فهمك ٢

معلومة تهمك 😊

يعتبر الفهد أسرع الحيوانات البرية على الأرض ، حيث يمكنه الجري بسرعة قصوى تصل إلى 100 km/h عندما يجري في مسافة لا تزيد عن 500 m .



يجري الفهد العربي بسرعة منتظمة مقدارها 30 km/h إذا استمر بالجري بهذا المعدل، كم المسافة التي سيقطعها بعد 20 s وبعد 3 دقائق ؟ إذا واصل الفهد العربي الجري لكن بسرعة بعد 10 m/s الدقيقة الخامسة ولمدة عشر دقائق ، فاحسب السرعة المتوسطة ، والسرعة اللحظية عند الدقيقة السابعة .

■ التسارع في الحركة الخطية Acceleration in Linear Motion

إن مفهوم التسارع في علم الفيزياء تم الاعتماد عليه في تفسير ووصف التغيرات التي تحدث للأجسام المتحركة ، حيث إننا كثيراً ما نهتم بمعرفة المقدار العددي للتغير في سرعة السيارة وليس مجرد الوصف فقط. فسائق المركبة لا يستطيع أن يتجاوز مركبة أخرى أمامه دون أن يدرك مقدار السرعة التي يجب أن يقود بها مركبته، وكذلك الفترة الزمنية حتى يستطيع التجاوز في أقصر وقت ممكن وإلا فإنه سوف يتسبب في وقوع حوادث . إن هذه العملية هي أحد الأمثلة التي تقودنا إلى التركيز على دراسة مفهوم التسارع الذي يمكن تعريفه بأنه معدل التغير في السرعة، ومن المهم هنا أن ندرك ما المقصود بالتغير في السرعة فليس المقصود به تغيُّراً في القيمة العددية فقط، ولكن قد يكون أيضاً التغير في الاتجاه فقط أو في كليهما (القيمة العددية والاتجاه) .

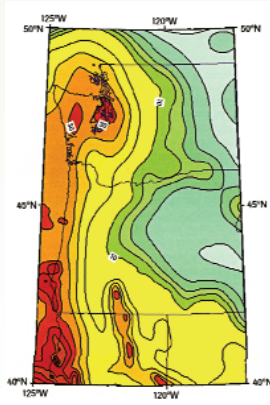
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الارتباط بعلوم الأرض .



يستخدم علماء الجيولوجيا الخرائط الجغرافية لتخطيط طبقات الأرض، وبالتالي تحديد أماكن لتوقع حدوث الزلازل في البحار والمحيطات ؛ وذلك لتحديد تسارع حركة طبقات الأرض الذي قد ينتج بسبب



الزلازل . ويقاس هذا التسارع كنسبة مئوية من تسارع الجاذبية (g) ، وبالتالي إمكانية تحديد الفترات الزمنية لهذا التسارع .

لذا ندرك أن السرعة المتجهة هي التي نتعامل معها عند حساب التسارع الذي هو أيضًا كمية متجهة كما سبق وتعلمت في الصف العاشر .

إن مفهوم التسارع يستخدم لحساب مقدار التغير في سرعة الجسم المتحرك وليس لوصف مدى سرعة الجسم المتحرك . يتضح ذلك من خلال المعادلة الرياضية الآتية :

التسارع = مقدار التغير في السرعة / الفترة الزمنية

أي أن:

$$\vec{a} = \Delta \vec{v} / \Delta t \quad (٣-١)$$

حيث : ترمز \vec{a} إلى التسارع ، و $\Delta \vec{v}$ إلى معدل التغير في السرعة وهي تساوي $\vec{v}_f - \vec{v}_i$ ، و Δt مقدار التغير في الزمن كما سبق وتعلمت، ما وحدة قياس التسارع بناءً على النظام الدولي للوحدات ؟

يتضح من تطبيق المعادلة السابقة إن المركبة التي تستطيع تغيير سرعتها من الصفر إلى 60 km/h خلال 5 s تتسارع بشكل أكبر من المركبة التي تستطيع تغيير سرعتها من الصفر إلى 80 km/h خلال 10 s .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



ومن المهم أيضاً أن ندرك أن مفهوم التسارع يستخدم لوصف معدل التناقص في السرعة ، ويطلق عليه في هذه الحالة التباطؤ *deceleration*. وهذا ما ندركه عندما يقوم السائق بالضغط على كابح السيارة لتخفيف السرعة استعداداً للتوقف عند الإشارة الحمراء مثلاً.

كما أن للسرعة مصطلحات علمية مرتبطة بها فإن للتسارع أيضاً مصطلحات أخرى، منها التسارع المتوسط *average acceleration (a_{av})* ويعرّف بأنه مقدار التغير في السرعة مقسوماً على الفترة الزمنية للتغير ، والمصطلح الآخر هو *التسارع اللحظي instantaneous acceleration* والمقصود به التسارع عند لحظة محددة . غير أننا خلال دراستنا لهذا الفصل لن نتعرض لحساب هذا النوع من التسارع لأننا سنركز على التسارع المنتظم ، وفي هذه الحالة فإن التسارع المتوسط والتسارع اللحظي يكونان متساويين حيث يتسارع الجسم بمعدل منتظم وثابت في كل فترة زمنية - مثلاً كل ثانية.

اختبر فهمك

- ١- أعط مثلاً عددياً لجسم يتباطأ .
- ٢- لنفترض أن حافلة المدرسة تتحرك في طريق مستقيم بحيث تزايد سرعتها في كل ثانية - مثلاً من 35 km/h إلى 40 km/h ثم 40 km/h إلى 45 km/h احسب تسارع الحافلة في كل ثانية. ماذا يسمى هذا التسارع؟
- ٣- تتحرك سيارة في طريق مستقيم في طريقها إلى مدينة نزوى ، بحيث تغير سرعتها خلال خمس ثوانٍ من 75 km/h إلى 120 km/h بينما تتحرك شاحنة في نفس الطريق وخلال نفس الفترة الزمنية ، تغيرت سرعتها من السكون إلى 50 km/h ، أي المركبتين تتحرك بتسارع أكبر؟



٢-١ معادلات الحركة الخطية Linear Motion Equations

وآلآن بعد دراستك لمفاهيم علم الحركة - وهي الإزاحة والسرعة والتسارع - وحيث إنها جميعاً تستخدم لوصف حركة الأجسام خلال فترة زمنية محددة، فهل هناك علاقات تربط بينها لتعطي وصفاً أكثر دقة للحركة؟ هذا السؤال تبادر كثيراً إلى أذهان العلماء الفيزيائيين، وبفضل جهود متواصلة بين هؤلاء العلماء مرة بشكل منفرد ومرة بشكل جماعي وتبادل للمعلومات والنتائج بينهم وإضافة أحدهم إلى معلومات الآخر تم التوصل إلى ثلاثة قوانين سميت قوانين الحركة الخطية، وبناءً على هذه القوانين تمكن الإنسان من تفسير كثير من الظواهر الطبيعية وليس فقط وصف حركة الأجسام.

إن معظم الأجسام المتحركة في الطبيعة التي نشاهدها، أو ندرك وجودها عن طريق الظواهر الطبيعية التي نظمها الخالق عز وجل لتتحرك وفقاً لنظام فائق الإبداع والتنظيم، تتحرك بتسارع منتظم وهذا ما يحفظ ثبات مستوى حركتها وفق لما خلقت له من وظائف.

لذا وتسهيلاً لدراسة عالم الحركة فإننا سنقوم بدراسة معادلات الحركة الخطية للأجسام التي تتحرك بتسارع منتظم، وسنعرض لبعض الأجسام المتحركة التي يمكن تطبيق هذه القوانين عليها. وكما سبق وأن ذكرنا فإن التسارع المتوسط (a) يساوي التسارع اللحظي في حالة الجسم المتحرك بتسارع منتظم، لذلك عند المعالجة يمكن الاستغناء عن إشارة المتجه (\rightarrow).

إن معادلات الحركة الخطية تربط المتغيرات (a و v و Δd و t)، والجدول التالي يوضح هذه المعادلات مع توصيف لكل معادلة ومتى تستخدم.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

المتغيرات المطلوبة	المعادلة	المتغيرات المستعبدة	التوصيف
$t, \Delta d, v_i, a$	$\Delta d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$	السرعة النهائية	هذه المعادلة تستخدم للربط بين التسارع والإزاحة والزمن .
t, v_f, v_i, a	$v_f = v_i + at$	المسافة	هذه المعادلة تستخدم للربط بين التسارع والسرعة والزمن .
$\Delta d, v_f, v_i, a$	$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta d$	الزمن	هذه المعادلة تستخدم للربط بين السرعة والإزاحة .

حيث تمثل الرموز الموضحة في الجدول السابق ما يلي :

Δd المسافة أو التغير في الموقع.

v_i السرعة الابتدائية للجسم المتحرك.

v_f السرعة النهائية للجسم.

a التسارع وهنا التسارع منتظم.

t الزمن .

$$\Delta d = v_i t + \frac{1}{2} at^2 \quad (١-٤)$$

$$v_f = v_i + at \quad (١-٥)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta d \quad (١-٦)$$



الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

مثال (٢) :

قذفت ذرة كربون في إحدى التجارب العلمية في مختبر العلوم بسرعة مقدارها 0.2 m/s حيث رصد تسارع الذرة 0.1 m/s^2 خلال 2 s ما مقدار الإزاحة التي وصلت إليها ذرة الكربون؟

الحل :

$$\Delta d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

بتطبيق المعادلة :

$$\Delta d = d_f - d_i$$

$$\Delta d = d_f - 0$$

$$\therefore \Delta d = d_f$$

$$d_f = 0.2(2) + \frac{1}{2} (0.1)(4)$$

فإن :

$$d_f = 0.6 \text{ m}$$

مثال (٣) :

انطلق أسد من السكون خلف قطيع الغزلان بتسارع 4 m/s^2 وخلال 10 s استطاع اصطيد أحد الغزلان ، ما مقدار سرعة الأسد لحظة افتراس الغزال؟

الحل :

باستخدام المعادلة (١-٥) نستطيع حساب السرعة النهائية للأسد

$$v_f = v_i + at$$

$$v_f = 0 + 4(10) = 40 \text{ m/s}$$

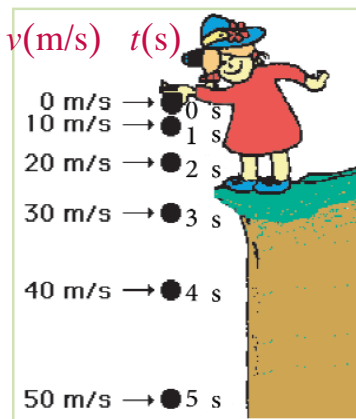
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

٣-١ السقوط الحر Free Fall

كثيراً ما سمعت عن قصة الملاحظة العلمية الدقيقة التي قام بها العالم إسحاق نيوتن والتي فتحت آفاقاً واسعة لدراسات حول حركة الأجسام المختلفة سواء كانت قريبة من سطح الأرض أم كانت تبعد آلاف الأميال عن سطح الأرض. هذه القصة العلمية البسيطة حول سقوط التفاحة من على الشجرة متجهة إلى الأرض جعلتنا اليوم ندرك أن جميع الأجسام الساقطة تتخذ نفس السلوك، ومن خلال دراستك السابقة علمت أن جميع الأجسام تسقط بنفس التسارع عند غياب مقاومة الهواء، وهذا التسارع هو ما يعرف بتسارع الجاذبية الأرضية (g) *gravity acceleration* وقيمته تساوي تقريباً 9.8 m/s^2 . إلا أننا وتسهيلاً للعمليات الحسابية غالباً ما نستخدم القيمة التقريبية لتسارع الجاذبية الأرضية 10 m/s^2 ، وقد تم التوصل إلى هذه القيمة من خلال الكثير من التجارب العلمية التي أجريت من قبل العلماء في مناطق مختلفة وعلى أبعاد مختلفة من سطح الأرض، إلا أن أول من توصل إلى هذه النتيجة هو العالم غاليليو، وبذلك وضع الأساس العلمي الذي بنى عليه العالم نيوتن قوانينه المشهورة في الحركة.

يعتبر سقوط الأجسام سقوطاً حرّاً أحد أهم أنواع الحركة الخطية، حيث يمكننا تعريف



الشكل (٢-١)

السقوط الحر بأنه حركة الأجسام باتجاه سطح الأرض تحت تأثير تسارع الجاذبية الأرضية فقط. ومن هذا التعريف يتبين لنا أنه لا توجد أية قوى تؤثر على الأجسام في أثناء حركتها باتجاه سطح الأرض سوى الجاذبية الأرضية، لذا سميت هذه الحركة بالسقوط الحر. والشكل (٢-١) يوضح سلوك الأجسام الساقطة سقوطاً حرّاً، حيث من الملاحظ أن سرعة الجسم الساقط من السكون، أي



الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

سرعته الابتدائية تساوي صفراً وتزداد بمعدل 10 m/s كل ثانية ، ما مقدار التسارع ؟
وحيث إن السقوط الحر أحد أمثلة الحركة الخطية المنتظمة فإن قوانين الحركة الخطية تنطبق على هذا النوع من الحركة تماماً ، مع الأخذ بعين الاعتبار أن التسارع هنا هو تسارع الجاذبية الأرضية .

اختبر فهمك

- أعد كتابة معادلات الحركة الخطية الثلاث السابقة لتناسب حركة الأجسام الساقطة سقوطاً حرّاً.
- سقطت حبة رطب من شجرة النخيل وخلال 2 s وصلت إلى سطح الأرض. احسب كلاً من:
(أ) سرعة حبة الرطب عند وصولها للأرض .
(ب) طول شجرة النخيل من نقطة سقوط حبة الرطب.

الاستكشاف

تحدي سرعة الاستجابة .

سؤال علمي : كم ثانية يحتاج الجهاز العصبي للإنسان ليستجيب ؟

المواد والأدوات : ورقة مستطيلة الشكل $16 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$

الإجراءات :

- امسك الورقة من أحد أطرافها.
- ضع الورقة بحيث تكون نقطة المنتصف بين إصبعي السبابة والإبهام لأحد زملائك ولكن دون أن يمسك بها.
- تحدّي زميلك بأن يحاول الإمساك بها بينما تقوم أنت بإسقاطها سقوطاً حرّاً.
- كرر هذه المحاولات مع زميلك ودوّن ملاحظاتك.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

التحليل والتفسير :

- ١- هل استطاع زميلك الإمساك بالورقة ؟
 - ٢- باستخدام المعادلة الأولى للحركة الخطية احسب الزمن اللازم لسقوط الورقة خلال إصبعي زميلك ؟ ($d =$ نصف الورقة) .
 - ٣- ارجع إلى مصادر التعلم المختلفة الخاصة بمادة الأحياء لمعرفة الزمن اللازم لاستجابة الجهاز العصبي، ثم قارنه بالزمن الذي حصلت عليه .
- إن الاستكشاف السابق يوضح العلاقة بين الزمن والمسافة وتسارع الجاذبية الأرضية ضمن معادلات الحركة الخطية ، بالإضافة إلى ذلك يوضح العلاقة الدقيقة المنظمة للزمن الذي يحتاج إليه الجهاز العصبي ليرسل الإشارات العصبية من العين لحظة رؤيتها لسقوط الورقة للمخ ومن ثم ليد لتبدأ بدورها بالحركة محاولة الإمساك بالورقة، وكما لاحظت فإن الفترة الزمنية عبارة عن أجزاء من الثانية فقط، وهنا يظهر الترابط والتكامل بين العلوم المختلفة.

اختبر فهمك

١- يوضح الجدول (١-١) بيانات لتجربة إسقاط كرة خفيفة (كرة تنس الطاولة) من السكون

t (s)	d (m)
0	0
0.2	0.17
0.4	0.68
0.6	1.55

الجدول (١-١)

بشكل عمودي باتجاه الأرض ،
احسب تسارع الكرة باستخدام
إحدى معادلات الحركة الخطية .

لمزيد من المعلومات حول الحركة الخطية المنتظمة ، قم بزيارة الموقع التالي على الشبكة العالمية
للإتصالات الدولية : <http://id.mind.net/~zona/mstm/physics/mechanics/kinematics/cs/kinematics.html>



الوحدة الأولى: الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

١-٤ منحنيات الحركة الخطية المنتظمة *Graphs of Uniform Linear Motion*

تعلمت حتى الآن كيفية استخدام المعادلات والعلاقات الرياضية لحساب متغيرات الحركة الخطية ، ولكن في كثير من الأحيان نحتاج إلى وصف حركة الأجسام بطريقة أكثر وضوحًا، تعتمد على الرؤية البصرية لفهم سريع لحالة الحركة. لذا ابتكر العلماء طريقة أخرى لوصف العلاقات بين المسافة والسرعة والتسارع من جهة والزمن من جهة أخرى، هذه الطريقة تعتمد على الوصف البصري للأشكال والرسوم البيانية.

فالرسوم والأشكال البيانية تعتبر لغة عالمية مشتركة كونها دائماً تعطي فهماً مشتركاً لجميع قرائها. وأنت قد تلاحظ أن معظم إشارات المرور وكذلك الإرشادات الطبية والأمنية تعتمد بشكل كبير على الرسوم والأشكال؛ مما يعطي فهماً مشتركاً بشكل أسرع لمضمون هذه الصور أو الأشكال أو الرسوم ، وكثيراً ما يقال إن الصورة قد تعادل ألف كلمة.

ففي عالم الحركة استفاد العلماء من هذا الأسلوب في وصف حركة الأجسام، فعلى سبيل المثال قد تحتاج إليه لتحديد سرعة الجسم هل هي منتظمة ، أم غير منتظمة وكذلك وصف التسارع أو التباطؤ في مسار الأجسام المتحركة.

وقد تعلمت خلال دراستك لمادة العلوم للصف العاشر كيفية استخدام الرسوم البيانية لوصف حركة الأجسام ، كما أنك اكتسبت بعض مهارات الرسم البياني في أثناء تنفيذك للتجارب العملية في مختبرات العلوم، وكيفية استخلاص البيانات المطلوبة من مثل حساب الميل لمعرفة قيمة السرعة أو التسارع لجسم ما. إلا أنه وفي أثناء دراستك لهذا الموضوع في هذا الفصل سوف تتعرض لخبرات إضافية حول كيفية الاستفادة من التقانة والبرامج الحاسوبية التي درستها في مادة تقنية المعلومات، في الحصول على الرسوم البيانية وإجراء العمليات الحسابية للعلاقات الرياضية من خلال عدد من الاستكشافات الممتعة . ومن المهم أن تتذكر أن أهم الرسوم البيانية التي تصف حالة الحركة هي منحنيات (الإزاحة - الزمن) ، ومنحنيات (السرعة - الزمن) ، ومنحنيات

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



(التسارع - الزمن) ، ولا بد من الإشارة هنا أن بيانات الزمن دائماً توضع على المحور الأفقي ، أما البيانات الأخرى فتكون على المحور الرأسي للمستوى الإحداثي ، وبالتالي يمكننا حساب الميل لكل منحنى: فمثلاً في منحنى (الإزاحة - الزمن) يمكن حساب الميل كالتالي :

$$(slope) \text{ (الميل)} = \Delta d / \Delta t$$

ماذا يمثل هذا الميل ؟

أما في منحنى (السرعة - الزمن) فحساب الميل يكون كالتالي :

$$(slope) \text{ (الميل)} = \Delta v / \Delta t$$

ماذا يمثل هذا الميل ؟

كما أنه من السهل معرفة وحدة قياس الميل لكل منحنى .

قم بتنفيذ الدرس العملي رقم (١) في الكراس العملي

الاستكشاف

نموذج منحنيات الحركة .

سؤال علمي : سؤال علمي: كيف يمكننا تمثيل الحركة بيانياً

المواد والأدوات : ورق أبيض أو ورق مربعات ، أعواد كباب ، خيط صوف ، مادة لاصقة ،

مسطرة ، قلم تلوين .

الإجراءات :

١ اختر أحد الجداول الموضحة أدناه لرسم منحنى بياني .

t (s)	v (m/s)
1	4
3	12
5	20
7	28

الجدول (١-٢ب)

t (s)	d (cm)
0	2
2	8
4	16
6	32

الجدول (١-٢أ)



٢ ارسم المستوى الإحداثي على ورق المربعات بحيث تكون بيانات الزمن على المحور الأفقي، يمكنك أن تستخدم الورق العادي لكن بعد أن تخطط الورقة على شكل مربعات بمساحة $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$.

٣ ألصق أعواد الكباب بحيث تشكل مستوى إحداثيًا للمنحنى (أفقيًا ورأسيًا).

٤ حدد القيم الموضحة بالجدول الذي اخترته لرسم المنحنى على المستوى الإحداثي باستخدام قلم التلوين.

٥ صل خيط الصوف بالنقاط التي حددتها في الخطوة السابقة باستخدام المادة اللاصقة.

٦ قارن بين النموذج الذي صممته والنماذج الأخرى التي صممها زملاؤك في الصف.

٧ اطلب إلى زميلك أن يصف المنحنى الذي صممته.

التحليل والتفسير :

- ١- ما شكل المنحنى الذي يمثل النموذج الذي صممته ؟
- ٢- هل استطاع زملاؤك وصف المنحنى وبالتالي وصف حركة الجسم الذي تمثله البيانات الرقمية بسهولة ؟
- ٣- ماذا يمثل ميل المنحنى الذي صممته ؟ احسب قيمته ووحدة قياسه .
- ٤- أيهما أسهل في وصف حالة الحركة الجداول الرقمية أم المنحنيات البيانية ؟ فسر إجابتك.

اختبر فهمك

- ١- ابحث عن مجالين من المجالات العملية في الحياة اليومية التي يستفاد فيها من الرسوم البيانية مع ذكر مبررات استخدام هذه الرسوم.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



الاستكشاف ٥



الحاسوب المساعد

سؤال علمي : كيف يُسهّل استخدام التقانة إنجاز البحوث العلمية؟

المواد والأدوات : جهاز حاسوب مزود ببرنامج الجداول الحسابية (Excel)

الإجراءات :

t (s)	v (m/s)	V_{av} (m/s)
0	0	
1	10	
2	20	
3	30	
4	40	
5	50	
6	60	
7	70	
8	80	
9	90	
10	100	

الجدول (٣-١)

١- انقل بيانات الجدول (٣-١) في برنامج (Excel)

لتجربة قام بها أحد الطلاب لحساب تسارع سيارة خلال عشر ثوانٍ من انطلاقها من السكون.

٢- احسب السرعة المتوسطة باستخدام مهارات برنامج الصفحات الممتدة للعمليات الحسابية.

٣- ارسم المنحنى البياني للعلاقة (السرعة- الزمن) مستخدماً بيانات السرعة المتوسطة باستخدام البرنامج مع إدراج كافة بيانات المنحنى البياني.

٤- من خلال المنحنى الذي حصلت عليه صف سرعة السيارة.

التحليل والتفسير :

١- لماذا استخدمنا بيانات السرعة المتوسطة لرسم المنحنى ؟

٢- كم من الوقت استغرقت لرسم المنحنى باستخدام برنامج الجداول الحسابية مقارنة بالرسم اليدوي؟ (أسرع ، أبطأ) .

٣- هل يمكنك إجراء تعديلات على المنحنى البياني بعد رسمه ؟ فسر إجابتك .



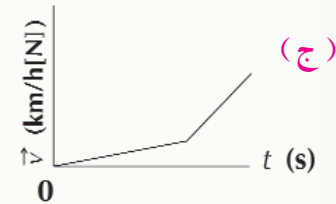
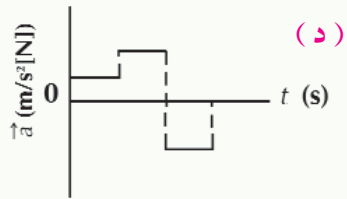
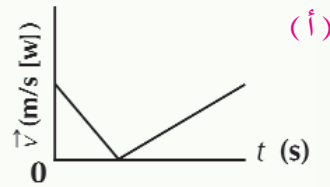
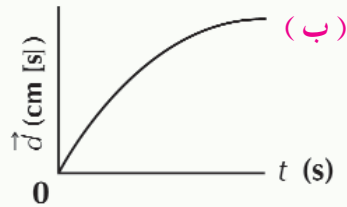
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الاستكشاف السابق يوضح أنه يمكننا الاستفادة من التسهيلات التي تقدمها برامج الحاسوب المختلفة في خدمة المجالات العلمية؛ حيث إننا نستطيع استثمار الكثير من الوقت لذلك يلجأ الكثير من الباحثين إلى استخدام التقانة، خاصة في مجال الفيزياء والرياضات والعلوم التطبيقية الأخرى، وبذلك يحصلون على نتائج أبحاثهم في زمنٍ قياسي، كما أنهم يحصلون على نتائج دقيقة جدًا خاصة إذا تمت الاستعانة ببعض الأجهزة المساعدة الأخرى مثل المجسات الإلكترونية التي ستتعرف بعضًا منها وكيفية استخدامها في مختبرات العلوم في أثناء دراستك لفروع العلوم (فيزياء ، كيمياء، أحياء) في هذا الصف.

اختبر فهمك

١- ادرس المنحنيات البيانية الأربعة التالية ، ثم صف حركة الجسم الذي يمثلها كل منحنى .



الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



٥-١ الحركة في بعدين Two Dimensions Motion

تعتبر الحركة في بعدين النوع الثاني الذي نتعرض له في هذا الفصل بعد دراستنا للحركة الخطية، أو بتعبير آخر الحركة في بعد واحد، حيث كان لمفهوم المتجهات استخدام محدود لوصف اتجاه حركة الأجسام في اتجاه واحد .

ولكن ماذا لو تحرك الجسم في بعدين ؟ إن دراسة الحركة في بعدين تتطلب معالجة علم المتجهات بشكل أوسع، ومن المهم هنا أن نشير إلى أن الكثير من الأجسام في حياتنا اليومية تتخذ هذا النوع من الحركة، وتعتبر حركة المقذوفات مثلاً على الحركة في بعدين والتي سندرسها بشيء من التفصيل لاحقاً ، فمثلاً كثير من الرياضات التي تستخدم الكرات المختلفة تتخذ هذا السلوك كقذف كرة السلة لتسديد هدف ، وإطلاق القذائف الصاروخية لحمل الأقمار الصناعية مثال آخر على حركة المقذوفات ، وغيرها.

من خلال الأمثلة السابقة تتضح أهمية دراسة حركة الأجسام في بعدين ، هما البعد الرأسي والبعد الأفقي . وحيث إنك درست الكميات المتجهة في الصف العاشر ، وكذلك في بداية هذا الفصل، سنتتبع في هذا الجزء بعض خصائص المتجهات وكيفية معالجتها واستخداماتها.

٦-١ المتجهات Vectors

إن مفهوم الكمية المتجهة كما سبق ودرسته يطلق على الكميات الفيزيائية التي تحتاج إلى تحديد قيمتها العددية واتجاهها لكي تعطي وصفاً متكاملًا ودقيقاً لها، وهناك العديد من هذه الكميات المتجهة التي صنفناها في بداية هذا الفصل، سنتابع دراستنا للمتجهات من جانب آخر والذي بدوره سيساعدنا في تفسير ووصف حركة الأجسام في بعدين.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

التطبيقات الحياتية

يستفيد مركز الأرصاد الجوية من علم المتجهات لتحديد اتجاه الرياح ، ويعتبر جهاز قياس الرياح أحد أهم الأجهزة في مراكز الأرصاد الجوية حيث يتم بواسطته تحديد اتجاه الرياح وسرعتها. كما أن كثيراً

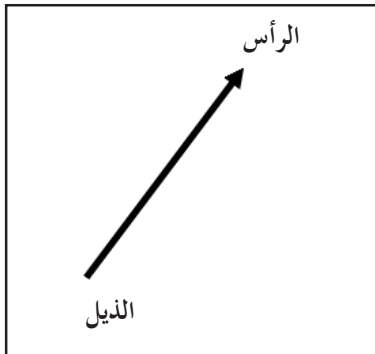


من مواقع العمل التي تحتاج إلى تحديد اتجاه الرياح تضع علامات محددة لذلك ، ربما شاهدت أحداها.

إن معرفة الأبعاد المختلفة والزوايا من النقاط المهمة التي يعتمد عليها كثير من الخبراء من مثل مخططي المدن وشبكة المواصلات ، كما أن كثيراً من وكالات الاستخبارات يحتاج إلى بعض المعلومات لتحديد الأماكن والاتجاهات والزوايا للوصول إلى أهدافها .

خصائص المتجهات Vectors Properties

سنحدث عن بعض خصائص المتجهات التي درست بعضاً منها في الصف العاشر، وذلك لأهميتها والتأكد من أنك قد استوعبت الجوانب المختلفة والمتعلقة بمفهوم المتجهات، وهذه هي بعض الخصائص :

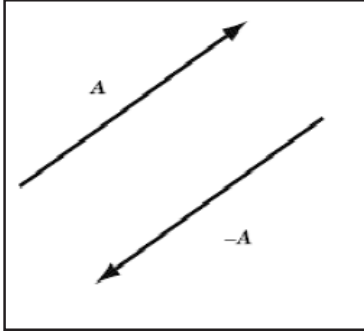


الشكل (٣-١)

- لحساب محصلة المتجهات يتم التعامل مع المتجهات جبرياً أو بيانياً ويرمز إلى المتجه بيانياً كما في الشكل (٣-١) حيث يمثل الذيل نقطة البداية والرأس نقطة النهاية وطول السهم مقدار المتجهة واتجاه السهم اتجاه المتجه .
- تساوي متجهين : يطلق على المتجهين (A و B) اللذين لهما نفس المقدار ونفس الاتجاه بأنهما متجهين متساويين .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



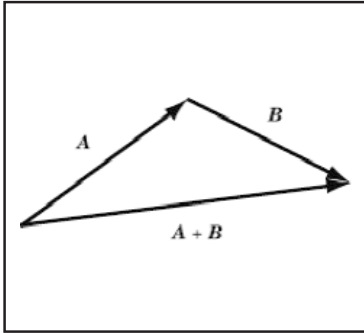
الشكل (٤-١)

● المتجه السالب: يمكن تعريف المتجه الثاني بأنه متجه سالب إذا كان له نفس مقدار المتجه الأول لكن يعاكسه في الاتجاه ويرمز إليهما مثلاً $(\vec{A}, -\vec{A})$ ، وهنا يكون حاصل جمعهما يساوي صفراً ، كما في الشكل (٤-١).

■ جمع المتجهات Adding Vectors

عند جمع متجهين أو أكثر لا بد أن تكون هذه المتجهات لمقدار فيزيائي واحد فلا يمكن مثلاً جمع متجه الإزاحة مع متجه السرعة، ولجمع المتجهات عدة طرق منها :

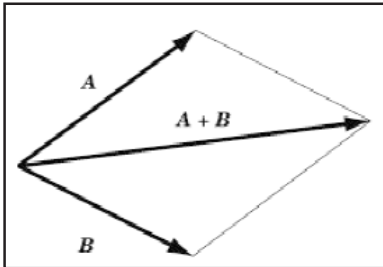
١- طريقة الرأس- الذيل Tip - Tail Method



الشكل (٥-١)

يوضح الشكل (٥-١) هذه الطريقة وقد درستها في الصف العاشر، حيث يرتبط رأس المتجه الأول (\vec{A}) بذيل المتجه الثاني (\vec{B}) وتكون محصلة الجمع $(\vec{A}+\vec{B})$ المتجه من ذيل الأول (\vec{A}) لرأس الثاني (\vec{B}) .

٢- طريقة متوازي الأضلاع Parallelogram Method



الشكل (٦-١)

يوضح الشكل (٦-١) هذه الطريقة حيث يرتبط ذيل المتجه الأول (\vec{A}) بذيل المتجه الثاني (\vec{B}) ، ومن ثم وعلى امتداد المتجهين يرسم متوازي الأضلاع ويكون قطره من نقطة تلاقي ذيلي المتجهين محصلة جمع المتجهين $(\vec{A}+\vec{B})$.