بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة المثنى
كلية التربية الأساسية
قسم العلوم

المادة: ميكانيك كلاسيكي
الفصل الدراسي: الاول
المرحلة:الثانية / فيزياء
نوع الدراسة: صباحي
تدريسي المادة: م.م امير عبد الواحد خضر

مقدمة مادة الميكانيك الكلاسيكي

تُعد مادة الميكانيك الكلاسيكي من المواد الأساسية في دراسة الفيزياء والعلوم التطبيقية، إذ تهتم بدراسة حركة الأجسام والقوى المؤثرة فيها والعلاقات التي تحكم هذه الحركة. وقد شكلت الأساس الذي بُنيت عليه العديد من فروع العلوم الهندسية والتطبيقية، لما لها من دور مهم في تفسير الظواهر الطبيعية وفهم القوانين التي تحكم حركة الأجسام في الحياة اليومية.

تتناول هذه المادة المفاهيم الأساسية للقياسات الفيزيائية والوحدات والمتجهات والحركة في بعد واحد وبعدين، كما تدرس السرعة والتعجيل وقوانين نيوتن للحركة وتطبيقاتها المختلفة. كذلك تشمل دراسة الشغل والطاقة والزخم والتصادمات والحركة الدورانية، وهي موضوعات أساسية لفهم الأنظمة الميكانيكية المختلفة.

إن دراسة الميكانيك الكلاسيكي تساعد الطالب على تنمية مهارات التحليل والاستنتاج وحل المشكلات الفيزيائية باستخدام القوانين الرياضية المناسبة، كما تمثل قاعدة علمية ضرورية لدراسة المواد المتقدمة في الفيزياء والهندسة. وتكمن أهمية هذه المادة في ارتباطها المباشر بالعديد من التطبيقات العملية مثل حركة المركبات والآلات والأقمار الصناعية والمنشآت الهندسية وغيرها من المجالات العلمية والتكنولوجية.

ومن خلال هذه المادة يكتسب الطالب فهماً شاملاً للمبادئ الأساسية التي تحكم حركة الأجسام وتفاعلها مع القوى المختلفة، مما يسهم في بناء أساس علمي رصين يمكن الاعتماد عليه في المراحل الدراسية اللاحقة وفي الحياة العملية.

أولا: مفردات المادة

1 القياسات الفيزيائية، الوحدات، النظام الدوليSI ، تحليل الأبعاد
2 الأخطاء في القياس، الأرقام المعنوية، الدقة والضبط
3 المتجهات والكميات القياسية، جمع وتحليل المتجهات
4 الحركة في بعد واحد: الموضع، الإزاحة، المسافة، السرعة المتوسطة
5 السرعة الآنية، التعجيل المتوسط والآني، تطبيقات الاشتقاق
6 الحركة بتعجيل ثابت، معادلات الحركة الخطية
7 السقوط الحر والحركة العمودية، مراجعة واختبار قصير
8 الحركة في بعدين، المتجهات في المستوى، الحركة النسبية
9 حركة المقذوفات: زمن الطيران، أقصى ارتفاع، المدى الأفقي
10 قوانين نيوتن الثلاثة للحركة وتطبيقاتها

11 الاحتكاك، القوى في المستوى المائل، الحركة الدائرية والقوة المركزية

12 الشغل والطاقة، الطاقة الحركية وطاقة الوضع، قانون حفظ الطاقة

13 الزخم الخطي، الدفع، التصادمات، مركز الكتلة

14 الحركة الدورانية (عزم القوة، عزم القصور الذاتي، الزخم الزاوي) مع مراجعة شاملة للمادة

ثانيا:

المصادر والمراجع

1. Serway, R. A., & Jewett, J. W., *Physics for Scientists and Engineers*, 10th Edition, Cengage Learning, 2019.
2. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J., *Fundamentals of Physics*, 11th Edition, Wiley, 2018.
3. Young, H. D., & Freedman, R. A., *University Physics with Modern Physics*, 15th Edition, Pearson, 2020.
4. Giancoli, D. C., *Physics: Principles with Applications*, 7th Edition, Pearson Education, 2014.
5. Tipler, P. A., & Mosca, G., *Physics for Scientists and Engineers*, 6th Edition, W. H. Freeman, 2008.
6. Kleppner, D., & Kolenkow, R., *An Introduction to Mechanics*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2014.
7. Beer, F. P., Johnston, E. R., & Cornwell, P. J., *Vector Mechanics for Engineers: Statics and Dynamics*, McGraw-Hill Education.
8. Hibbeler, R. C., *Engineering Mechanics: Dynamics*, 14th Edition, Pearson Education.
9. الفيزياء العامة – الميكانيك، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجامعات العراقية المختلفة.
10. محاضرات مادة الميكانيك الكلاسيكي، قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)، جامعة بغداد.
11. محاضرات الفيزياء العامة (الميكانيك)، كليات التربية الأساسية والعلوم في الجامعات العراقية.
12. Fowles, G. R., & Cassiday, G. L., *Analytical Mechanics*, 7th Edition, Thomson Learning.
13. Marion, J. B., & Thornton, S. T., *Classical Dynamics of Particles and Systems*, Brooks/Cole Publishing.
14. Symon, K. R., *Mechanics*, Addison-Wesley Publishing Company.
15. Goldstein, H., Poole, C., & Safko, J., *Classical Mechanics*, 3rd Edition, Pearson Education.

المحاضرة الأولى

القياسات الفيزيائية والوحدات والنظام الدولي للوحدات (SI) وتحليل الأبعاد

تُعد القياسات الفيزيائية الأساس الذي تعتمد عليه جميع فروع الفيزياء والعلوم الهندسية، إذ لا يمكن دراسة أي ظاهرة طبيعية أو وصفها بصورة دقيقة دون إجراء قياسات للكميات المرتبطة بها. فالفيزيائي يعتمد على القياس لتحديد قيم الطول والكتلة والزمن ودرجة الحرارة وغيرها من الكميات الفيزيائية.

القياس هو عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية معيارية متفق عليها تسمى وحدة القياس. فعندما نقول إن طول قطعة معينة يساوي خمسة أمتار فإننا نقارن طول هذه القطعة بوحدة معيارية هي المتر.

تنقسم الكميات الفيزيائية إلى نوعين رئيسيين هما الكميات الأساسية والكميات المشتقة. الكميات الأساسية هي الكميات التي لا يمكن التعبير عنها بدلالة كميات أخرى، وتشمل الطول والكتلة والزمن وشدة التيار الكهربائي ودرجة الحرارة وكمية المادة وشدة الإضاءة. أما الكميات المشتقة فهي الكميات التي يتم الحصول عليها من خلال دمج الكميات الأساسية رياضياً، مثل السرعة والتعجيل والقوة والكثافة والطاقة.

يعتمد العلماء في جميع أنحاء العالم على النظام الدولي للوحدات(SI) ، وهو نظام موحد للقياس يهدف إلى توحيد الوحدات المستخدمة في البحوث العلمية والصناعية. يتكون هذا النظام من سبع وحدات أساسية هي المتر للطول، والكيلوغرام للكتلة، والثانية للزمن، والأمبير لشدة التيار الكهربائي، والكلفن لدرجة الحرارة، والمول لكمية المادة، والكانديلا لشدة الإضاءة.

ولتسهيل التعامل مع الأعداد الكبيرة أو الصغيرة جداً تُستخدم البادئات في النظام الدولي للوحدات. فالبادئة كيلو تعني ألف مرة من الوحدة الأصلية، بينما تعني البادئة سنتي جزءاً من مائة جزء من الوحدة، وتعني البادئة ملي جزءاً من ألف جزء من الوحدة، كما تستخدم البادئات ميغا وجيغا للتعبير عن القيم الكبيرة جداً، بينما تستخدم المايكرو والنانو للتعبير عن القيم الصغيرة جداً.

ومن الأمثلة على الكميات المشتقة السرعة، وهي معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن، وتعطى بالعلاقة:

السرعة = المسافة ÷ الزمن

وتكون وحدة السرعة في النظام الدولي متر لكل ثانية.(m/s)

أما الكثافة فتعبر عن مقدار الكتلة الموجودة في وحدة الحجم، وتعطى بالعلاقة:

الكثافة = الكتلة ÷ الحجم

ووحدتها كيلوغرام لكل متر مكعب.(kg/m^3)

من الموضوعات المهمة في الفيزياء تحليل الأبعاد، وهو أسلوب يستخدم للتحقق من صحة المعادلات الفيزيائية. يعتمد تحليل الأبعاد على ثلاثة أبعاد أساسية هي الطول ويرمز له بالرمز(L) ، والكتلة ويرمز لها بالرمز(M) ، والزمن ويرمز له بالرمز.(T)

فعلى سبيل المثال، تكون أبعاد السرعة:

$[L\ T^{-1}]$

لأن السرعة تساوي الطول مقسوماً على الزمن.

أما أبعاد التعجيل فتكون:

$[L\ T^{-2}]$

لأن التعجيل يمثل معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن.

وتكون أبعاد القوة وفق قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma$$

وأبعادها:

$$[M\ L\ T^{-2}]$$

ويستخدم تحليل الأبعاد للتأكد من أن طرفي المعادلة الفيزيائية لهما الأبعاد نفسها، مما يساعد على اكتشاف الأخطاء في المعادلات والحسابات.

مثال محلول

إذا كانت كتلة جسم تساوي 20 كغم وحجمه 4 متر مكعب، احسب كثافته.

الحل:

الكثافة = الكتلة ÷ الحجم

الكثافة = 20 ÷ 4

الكثافة = 5 كغم/م^3

إذن كثافة الجسم تساوي 5 كغم/م^3.

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالقياس الفيزيائي؟
2. ما الفرق بين الكميات الأساسية والكميات المشتقة؟
3. ما هي الوحدات الأساسية في النظام الدولي؟
4. ما أهمية تحليل الأبعاد؟
5. ما وحدة قياس الكثافة في النظام الدولي؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:
حوّل الوحدات التالية:

- 8 km إلى m.
- 350 cm إلى m.
- 2.5 h إلى s.

السؤال الثاني:
احسب كثافة جسم كتلته 30 kg وحجمه 5.3 m^3.

السؤال الثالث:
سيارة قطعت مسافة 180 m خلال 12 s ، احسب سرعتها.

السؤال الرابع:
استخرج أبعاد الكميات التالية:

- السرعة.
- التعجيل.
- القوة.
- الطاقة.

السؤال الخامس:
تحقق باستخدام تحليل الأبعاد من صحة العلاقة:

المسافة = السرعة × الزمن.

المحاضرة الثانية

الأخطاء في القياس والأرقام المعنوية والدقة والضبط

عند إجراء أي تجربة علمية أو قياس فيزيائي لا يمكن الحصول على قيمة دقيقة تماماً، إذ ترافق عملية القياس مجموعة من الأخطاء الناتجة عن الأجهزة المستخدمة أو طريقة القياس أو الظروف المحيطة بالتجربة. لذلك فإن دراسة الأخطاء في القياس تعد من الموضوعات الأساسية في الفيزياء لأنها تساعد على تقييم النتائج العلمية ومعرفة مدى دقتها.

يقصد بالخطأ في القياس الفرق بين القيمة الحقيقية للكمية الفيزيائية والقيمة المقاسة عملياً. وكلما كان هذا الفرق صغيراً كانت نتيجة القياس أكثر دقة واعتمادية.

تنقسم الأخطاء في القياس إلى عدة أنواع، أهمها:

أولاً: الأخطاء المنتظمة(Systematic Errors)

وهي الأخطاء التي تتكرر بصورة ثابتة أثناء القياس وتنتج غالباً عن خلل في جهاز القياس أو سوء معايرته. تؤدي هذه الأخطاء إلى انحراف جميع القراءات في اتجاه واحد، إما بالزيادة أو النقصان.

ومن أمثلتها:

- استخدام ميزان غير مضبوط.
- استخدام ساعة متأخرة أو متقدمة عن الزمن الحقيقي.
- وجود خطأ في تدريج الجهاز.

يمكن تقليل هذه الأخطاء من خلال معايرة الأجهزة بصورة دورية واستخدام أجهزة دقيقة.

ثانياً: الأخطاء العشوائية(Random Errors)

وهي الأخطاء التي تحدث بصورة غير منتظمة نتيجة عوامل يصعب التحكم بها، مثل اهتزاز الأجهزة أو تغير الظروف المحيطة أو اختلاف قراءة المراقب.

تتميز هذه الأخطاء بأنها قد تكون موجبة أو سالبة، ولذلك يتم تقليل تأثيرها بأخذ عدة قراءات وحساب المتوسط الحسابي.

ثالثاً: الأخطاء الشخصية

تنتج بسبب الشخص الذي يجري القياس، مثل خطأ النظر عند قراءة التدريج أو تسجيل البيانات بصورة غير صحيحة.

يمكن تقليل هذه الأخطاء من خلال التدريب الجيد واستخدام الطرق العلمية الصحيحة في القياس.

الدقة(Accuracy)

الدقة هي مدى قرب القيمة المقاسة من القيمة الحقيقية أو المقبولة للكمية الفيزيائية.

فإذا كانت القيمة الحقيقية لطول جسم ما تساوي 10.0 cm وكانت نتيجة القياس 9.98 cm فإن القياس يكون عالي الدقة لأنه قريب جداً من القيمة الحقيقية.

الضبط(Precision)

الضبط هو مدى تقارب مجموعة من القياسات بعضها من بعض بغض النظر عن قربها من القيمة الحقيقية.

فعندما نحصل على عدة قراءات متقاربة جداً فإن القياسات تكون عالية الضبط.

قد تكون القياسات عالية الضبط ولكنها غير دقيقة إذا كانت جميعها بعيدة عن القيمة الحقيقية بسبب وجود خطأ منتظم.

الفرق بين الدقة والضبط

الدقة تشير إلى مدى قرب النتيجة من القيمة الحقيقية.

أما الضبط فيشير إلى مدى تقارب النتائج المتكررة من بعضها البعض.

في العمل العلمي المثالي يجب أن تكون القياسات دقيقة ومضبوطة في الوقت نفسه.

الأرقام المعنوية(Significant Figures)

الأرقام المعنوية هي الأرقام التي تحمل معنى فيزيائياً وتعبر عن دقة القياس.

وتشمل جميع الأرقام المؤكدة بالإضافة إلى الرقم الأخير غير المؤكد.

قواعد الأرقام المعنوية

1. جميع الأرقام غير الصفرية تعد أرقاماً معنوية.

مثال:
245يحتوي على ثلاثة أرقام معنوية.

1. الأصفار الواقعة بين أرقام غير صفرية تعد معنوية.

مثال:
2005يحتوي على أربعة أرقام معنوية.

1. الأصفار الموجودة في بداية العدد لا تعد معنوية.

مثال:
0.0035يحتوي على رقمين معنويين فقط.

1. الأصفار الموجودة في نهاية العدد العشري تعد معنوية.

مثال:
2.500يحتوي على أربعة أرقام معنوية.

التقريب في الحسابات

عند إجراء العمليات الحسابية يجب الحفاظ على عدد مناسب من الأرقام المعنوية.

مثال:

إذا كان:

12.35 + 3.2 = 15.55

فإن الناتج يكتب:

15.6

لأن العدد 3.2 يحتوي على منزلة عشرية واحدة فقط.

نسبة الخطأ المئوية

تستخدم نسبة الخطأ المئوية لتحديد مقدار الخطأ في القياس.

العلاقة الرياضية:

نسبة الخطأ المئوية=

(القيمة الحقيقية – القيمة المقاسة) ÷ القيمة الحقيقية × 100%

كلما كانت نسبة الخطأ صغيرة دل ذلك على جودة القياس.

مثال محلول

إذا كانت القيمة الحقيقية لطول قضيب معدني 50 cm بينما كانت القيمة المقاسة 49cm ، احسب نسبة الخطأ المئوية.

الحل:

نسبة الخطأ المئوية=

(50 - 49) ÷ 50 × 100

= 1 ÷ 50 × 100

= 2%

إذن نسبة الخطأ المئوية تساوي 2.%

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالخطأ في القياس؟
2. ما الفرق بين الأخطاء المنتظمة والعشوائية؟
3. ما المقصود بالدقة؟
4. ما المقصود بالضبط؟
5. ما الفرق بين الدقة والضبط؟
6. ما هي الأرقام المعنوية؟
7. كيف يمكن تقليل أخطاء القياس؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

اذكر ثلاثة أمثلة على الأخطاء المنتظمة وثلاثة أمثلة على الأخطاء العشوائية.

السؤال الثاني:

كانت القيمة الحقيقية لكتلة جسم 250 g بينما كانت القيمة المقاسة 245 .g احسب نسبة الخطأ المئوية.

السؤال الثالث:

حدد عدد الأرقام المعنوية في القيم التالية:

- 25.8
- 0.0045
- 1050
- 3.200

السؤال الرابع:

اشرح الفرق بين الدقة والضبط مع إعطاء مثال توضيحي لكل منهما.

السؤال الخامس:

لماذا يفضل أخذ عدة قراءات للكمية الفيزيائية بدلاً من قراءة واحدة فقط؟

المحاضرة الثالثة

المتجهات والكميات القياسية وتحليل المتجهات

تُعد المتجهات من المفاهيم الأساسية في دراسة الميكانيك الكلاسيكي، إذ إن العديد من الكميات الفيزيائية لا يكفي لتحديدها معرفة مقدارها فقط، بل يجب معرفة اتجاهها أيضاً. لذلك قُسمت الكميات الفيزيائية إلى كميات قياسية وكميات متجهة.

الكميات القياسية هي الكميات التي تُحدد بمقدار فقط دون الحاجة إلى اتجاه. ومن الأمثلة عليها الكتلة والزمن ودرجة الحرارة والطاقة والشغل والحجم والكثافة. فعندما نقول إن كتلة جسم تساوي 10 كغم فإن هذه المعلومة تكون كافية لوصف الكمية.

أما الكميات المتجهة فهي الكميات التي تحتاج إلى مقدار واتجاه معاً حتى يتم تحديدها بصورة كاملة. ومن الأمثلة عليها الإزاحة والسرعة والتعجيل والقوة والزخم.

فعندما نقول إن سيارة تسير بسرعة 60 كم/ساعة نحو الشمال فإننا نحدد مقدار السرعة واتجاهها، لذلك تعد كمية متجهة.

تمثيل المتجهات

يُمثل المتجه عادة بسهم مستقيم، حيث يمثل طول السهم مقدار المتجه بينما يمثل اتجاه السهم اتجاه المتجه.

ويُرمز للمتجهات غالباً بالحروف:

A، B، C

أو بوضع سهم فوق الرمز:

$\rightarrow A$

ويُقاس مقدار المتجه بوحدات مناسبة حسب نوع الكمية الفيزيائية.

جمع المتجهات

تختلف عملية جمع المتجهات عن جمع الكميات القياسية لأن الاتجاه يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار.

أولاً: المتجهات في الاتجاه نفسه

إذا كان المتجهان في الاتجاه نفسه فإن المقدارين يجمعان مباشرة.

مثال:

قوة مقدارها 5 نيوتن باتجاه الشرق وقوة أخرى مقدارها 3 نيوتن باتجاه الشرق.

المحصلة:

$R = 5 + 3 = 8$ نيوتن شرقاً.

ثانياً: المتجهات في اتجاهين متعاكسين

إذا كان المتجهان في اتجاهين متعاكسين فإن المقدارين يطرحان.

مثال:

قوة مقدارها 10 نيوتن شرقاً وقوة مقدارها 6 نيوتن غرباً.

المحصلة:

R = 10 - 6 = 4 نيوتن شرقاً.

تحليل المتجهات

في كثير من المسائل الفيزيائية يكون من الضروري تحليل المتجه إلى مركبتين متعامدتين، إحداهما أفقية والأخرى عمودية.

إذا كان متجه مقداره (A) ويصنع زاوية (θ) مع المحور الأفقي فإن:

المركبة الأفقية:

$$Ax = A \cos \theta$$

المركبة العمودية:

$$Ay = A \sin \theta$$

ويُستخدم هذا التحليل في دراسة القوى والحركة في بعدين وحركة المقذوفات.

إيجاد مقدار المتجه من مركباته

إذا كانت المركبة الأفقية للمتجه تساوي Ax والمركبة العمودية تساوي Ay فإن مقدار المتجه يحسب من العلاقة:

$$A = \sqrt{(Ax^2 + Ay^2)}$$

أما زاوية المتجه فتحسب من العلاقة:

$$\tan \theta = Ay / Ax$$

أهمية المتجهات في الفيزياء

تستخدم المتجهات في دراسة:

- الحركة والإزاحة.
- السرعة والتعجيل.
- القوى المؤثرة على الأجسام.
- الزخم الخطي.
- المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

وتساعد على تحليل المسائل الفيزيائية بصورة أكثر دقة من الكميات القياسية.

مثال محلول

قوة مقدارها 100 نيوتن تؤثر في جسم وتصنع زاوية مقدارها 30° مع المحور الأفقي. أوجد مركبتي القوة الأفقية والعمودية.

الحل:

المعطيات:

$F = 100\ N$

$\theta = 30°$

المركبة الأفقية:

$Fx = F \cos \theta$

$Fx = 100 \times \cos 30°$

$Fx = 100 \times 0.866$

$Fx = 86.6\ N$

المركبة العمودية:

$Fy = F \sin \theta$

$Fy = 100 \times \sin 30°$

$Fy = 100 \times 0.5$

$Fy = 50\ N$

إذن:

المركبة الأفقية = 86.6 نيوتن

المركبة العمودية = 50 نيوتن

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالكمية القياسية؟
2. ما المقصود بالكمية المتجهة؟
3. اذكر خمسة أمثلة للكميات القياسية.
4. اذكر خمسة أمثلة للكميات المتجهة.
5. كيف يتم جمع المتجهات الواقعة في الاتجاه نفسه؟
6. كيف يتم تحليل المتجه إلى مركباته؟
7. ما أهمية المتجهات في الفيزياء؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

صنف الكميات التالية إلى قياسية ومتجهة:

- الكتلة
- القوة
- الزمن
- السرعة
- الطاقة

- التعجيل
- الحجم
- الإزاحة

السؤال الثاني:

قوتان تؤثران في جسم في الاتجاه نفسه:

الأولى 12 نيوتن والثانية 8 نيوتن.

احسب القوة المحصلة.

السؤال الثالث:

قوة مقدارها 20 نيوتن شرقاً وأخرى مقدارها 12 نيوتن غرباً.

احسب القوة المحصلة واتجاهها.

السؤال الرابع:

حلل متجهاً مقداره 50 نيوتن ويصنع زاوية 60° مع المحور الأفقي إلى مركبتيه الأفقية والعمودية.

السؤال الخامس:

إذا كانت مركبتا متجه ما:

$Ax = 6$

$Ay = 8$

أوجد مقدار المتجه واتجاهه.

المحاضرة الرابعة

الحركة في بعد واحد: الموضع والإزاحة والمسافة والسرعة المتوسطة

تُعد دراسة الحركة من أهم موضوعات الميكانيك الكلاسيكي، إذ تهتم بوصف حركة الأجسام وتحديد مواقعها مع الزمن. وتبدأ دراسة الحركة في أبسط صورها بالحركة في بعد واحد، أي الحركة على خط مستقيم مثل حركة سيارة على طريق مستقيم أو حركة قطار على سكة مستقيمة.

الموضع(Position)

الموضع هو المكان الذي يوجد فيه الجسم بالنسبة إلى نقطة مرجعية معينة. ويُرمز للموضع عادة بالرمز (x) عند دراسة الحركة على محور واحد.

فعلى سبيل المثال، إذا كان جسم يقع على بعد 5 أمتار شرق نقطة الأصل فإن موضعه يساوي:

$x = 5\ m$

أما إذا كان يقع على بعد 3 أمتار غرب نقطة الأصل فإن موضعه يساوي:

x = -3 m

وتحدد إشارة الموضع اتجاه الجسم بالنسبة إلى نقطة المرجع.

الإزاحة(Displacement)

الإزاحة هي التغير في موضع الجسم أثناء الحركة، وهي كمية متجهة تعتمد على موضع البداية وموضع النهاية فقط ولا تعتمد على المسار الذي سلكه الجسم.

وتحسب الإزاحة من العلاقة:

$\Delta x = xf - xi$

حيث:

Δx = الإزاحة

xf = الموضع النهائي

xi = الموضع الابتدائي

إذا كانت الإزاحة موجبة فإن الحركة تكون في الاتجاه الموجب للمحور، وإذا كانت سالبة فإن الحركة تكون في الاتجاه المعاكس.

المسافة(Distance)

المسافة هي طول المسار الفعلي الذي يقطعه الجسم أثناء حركته، وهي كمية قياسية لا ترتبط باتجاه معين.

وتكون قيمة المسافة دائماً موجبة أو تساوي صفراً.

الفرق بين الإزاحة والمسافة

قد تكون المسافة والإزاحة متساويتين إذا تحرك الجسم في خط مستقيم دون تغيير اتجاهه.

أما إذا عاد الجسم إلى نقطة البداية فإن الإزاحة تساوي صفراً بينما تبقى المسافة المقطوعة أكبر من الصفر.

مثال:

إذا تحرك شخص 10 m شرقاً ثم عاد 10 m غرباً إلى نقطة البداية:

المسافة = m20

الإزاحة = m0

السرعة المتوسطة(Average Velocity)

السرعة المتوسطة هي معدل تغير الإزاحة بالنسبة للزمن.

وتعطى بالعلاقة:

$v_{av} = \Delta x / \Delta t$

حيث:

v_{av} = السرعة المتوسطة

Δx = الإزاحة

Δt = الزمن المستغرق

وتعد السرعة المتوسطة كمية متجهة لأن اتجاهها يعتمد على اتجاه الإزاحة.

ووحدتها في النظام الدولي:

m/s

الانطلاق المتوسط(Average Speed)

يعرف الانطلاق المتوسط بأنه معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن.

ويعطى بالعلاقة:

Speed = Distance / Time

ويختلف عن السرعة المتوسطة في أن الانطلاق يعتمد على المسافة وليس على الإزاحة.

كما أنه كمية قياسية لا تحتاج إلى اتجاه.

أهمية دراسة الحركة في بعد واحد

تمثل الحركة في بعد واحد الأساس لفهم أنواع الحركة الأكثر تعقيداً مثل الحركة في بعدين والحركة الدائرية وحركة المقذوفات.

كما تساعد على فهم مفاهيم السرعة والتعجيل والقوانين الأساسية للحركة.

مثال محلول

تحركت سيارة من موضع ابتدائي مقداره 20 m إلى موضع نهائي مقداره 140 m خلال زمن مقداره 10.s

أوجد:

1- الإزاحة.

2- السرعة المتوسطة.

الحل:

الإزاحة:

$\Delta x = x_f - x_i$

$\Delta x = 140 - 20$

$\Delta x = 120$ m

السرعة المتوسطة:

$v_{av} = \Delta x / \Delta t$

$v_{av} = 120 / 10$

$v_{av} = 12$ m/s

إذن:

الإزاحة = 120m

السرعة المتوسطة = 12m/s

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالموضع؟
2. ما المقصود بالإزاحة؟
3. ما الفرق بين الإزاحة والمسافة؟
4. ما المقصود بالسرعة المتوسطة؟
5. ما وحدة قياس السرعة المتوسطة؟
6. ما الفرق بين السرعة المتوسطة والانطلاق المتوسط؟
7. لماذا تعد الإزاحة كمية متجهة؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

تحرك جسم من موضع 5 m إلى موضع 25.m

احسب الإزاحة.

السؤال الثاني:

تحرك شخص 15 m شرقاً ثم 10 m غرباً.

احسب:

أ- المسافة الكلية.

ب- الإزاحة.

السؤال الثالث:

قطعت سيارة إزاحة مقدارها 180 m خلال 12.s

احسب السرعة المتوسطة.

السؤال الرابع:

تحرك عداء مسافة 400 m خلال s.50

احسب الانطلاق المتوسط.

السؤال الخامس:

اشرح الفرق بين المسافة والإزاحة مع إعطاء مثال توضيحي.

المحاضرة الخامسة

السرعة الآنية والتعجيل المتوسط والتعجيل الآني

في المحاضرة السابقة تم التعرف على مفهوم السرعة المتوسطة التي تعبر عن معدل تغير الإزاحة خلال فترة زمنية معينة. إلا أن الأجسام في الطبيعة غالباً لا تتحرك بسرعة ثابتة، بل تتغير سرعتها باستمرار أثناء الحركة. لذلك ظهرت الحاجة إلى دراسة السرعة الآنية والتعجيل لفهم حركة الأجسام بصورة أكثر دقة.

السرعة الآنية(Instantaneous Velocity)

السرعة الآنية هي سرعة الجسم عند لحظة زمنية محددة أو عند نقطة معينة من مساره.

فعندما ننظر إلى عداد السرعة في السيارة فإن القراءة التي تظهر في تلك اللحظة تمثل السرعة الآنية للسيارة.

وبصورة رياضية فإن السرعة الآنية تمثل معدل تغير الإزاحة بالنسبة للزمن عند لحظة معينة.

وتعطى بالعلاقة:

$$v = dx/dt$$

حيث:

v = السرعة الآنية

dx = تغير صغير جداً في الإزاحة

dt = تغير صغير جداً في الزمن

وتعد السرعة الآنية كمية متجهة لأنها تمتلك مقداراً واتجاهاً.

ووحدتها في النظام الدولي هي:

m/s

الفرق بين السرعة المتوسطة والسرعة الآنية

السرعة المتوسطة تحسب خلال فترة زمنية كاملة.

أما السرعة الآنية فتحسب عند لحظة زمنية محددة.

إذا كانت السرعة ثابتة فإن السرعة المتوسطة تساوي السرعة الآنية.

أما إذا كانت السرعة متغيرة فإن القيمتين تختلفان.

مفهوم التعجيل(Acceleration)

التعجيل هو معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن.

ويعد من أهم الكميات الفيزيائية المستخدمة في دراسة الحركة.

فعندما تزداد سرعة السيارة نقول إن السيارة تتعرض إلى تعجيل موجب.

وعندما تنخفض سرعتها نقول إن السيارة تتعرض إلى تعجيل سالب أو تباطؤ.

التعجيل المتوسط(Average Acceleration)

يعرف التعجيل المتوسط بأنه معدل التغير في السرعة خلال فترة زمنية معينة.

ويعطى بالعلاقة:

$$a_{av} = (v_f - v_i) / \Delta t$$

حيث:

a_{av} = التعجيل المتوسط

v_f = السرعة النهائية

v_i = السرعة الابتدائية

Δt = الزمن المستغرق

ووحدته في النظام الدولي:

m/s^2

التعجيل الآني(Instantaneous Acceleration)

التعجيل الآني هو قيمة التعجيل عند لحظة زمنية معينة.

ويعطى بالعلاقة:

$$a = dv/dt$$

حيث:

a = التعجيل الآني

dv = التغير اللحظي في السرعة

dt = التغير اللحظي في الزمن

ويمكن تعريف التعجيل أيضاً بأنه المشتقة الثانية للإزاحة بالنسبة للزمن:

$a = d^2x/dt^2$

أنواع التعجيل

أولاً: التعجيل الموجب

يحدث عندما تزداد سرعة الجسم مع الزمن.

مثال:

زيادة سرعة سيارة من 20 m/s إلى 40.m/s

ثانياً: التعجيل السالب (التباطؤ)

يحدث عندما تقل سرعة الجسم مع الزمن.

مثال:

انخفاض سرعة سيارة من 30 m/s إلى 10.m/s

ثالثاً: التعجيل الصفري

يحدث عندما تبقى السرعة ثابتة ولا تتغير مع الزمن.

مثال:

سيارة تتحرك بسرعة ثابتة مقدارها 60 km/h على طريق مستقيم.

أهمية التعجيل في الحياة العملية

يستخدم مفهوم التعجيل في العديد من التطبيقات الهندسية والعلمية مثل:

- تصميم السيارات والطائرات.
- حساب مسافات التوقف.
- دراسة حركة الأقمار الصناعية.
- تصميم المصاعد الكهربائية.
- أنظمة النقل الحديثة.

مثال محلول(1)

ازدادت سرعة سيارة من 10 m/s إلى 25 m/s خلال 5.s

احسب التعجيل المتوسط.

الحل:

المعطيات:

$v_i = 10$ m/s

$v_f = 25\ m/s$

$\Delta t = 5\ s$

التعجيل المتوسط:

$a_{av} = (v_f - v_i) / \Delta t$

$a_{av} = (25 - 10) / 5$

$a_{av} = 15 / 5$

$a_{av} = 3\ m/s^2$

إذن التعجيل المتوسط للسيارة يساوي:

$3\ m/s^2$

مثال محلول(2)

انخفضت سرعة دراجة نارية من 18 m/s إلى 6 m/s خلال 4.s

احسب التعجيل.

الحل:

$a = (6 - 18) / 4$

$a = -12 / 4$

$a = -3\ m/s^2$

تشير الإشارة السالبة إلى أن الحركة تباطؤية.

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالسرعة الآنية؟
2. ما الفرق بين السرعة المتوسطة والسرعة الآنية؟
3. ما المقصود بالتعجيل؟
4. ما وحدة قياس التعجيل؟
5. ما الفرق بين التعجيل المتوسط والتعجيل الآني؟
6. متى يكون التعجيل موجباً؟
7. متى يكون التعجيل سالباً؟
8. ماذا يعني أن يكون التعجيل صفراً؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

ازدادت سرعة سيارة من 12 m/s إلى 30 m/s خلال 6.s

احسب التعجيل المتوسط.

السؤال الثاني:

انخفضت سرعة جسم من 40 m/s إلى 16 m/s خلال 8.s

احسب التعجيل.

السؤال الثالث:

تحركت سيارة بسرعة ثابتة مقدارها 25 m/s لمدة 10.s

احسب التعجيل.

السؤال الرابع:

اشرح الفرق بين السرعة الآنية والتعجيل الآني.

السؤال الخامس:

اذكر ثلاثة أمثلة من الحياة العملية يكون فيها التعجيل موجباً وثلاثة أمثلة يكون فيها التعجيل سالباً.

السؤال السادس:

إذا كانت سرعة جسم تتغير وفق العلاقة:

$$v = 4t + 2$$

أوجد التعجيل.

السؤال السابع:

لماذا يعد التعجيل من الكميات المتجهة؟

السؤال الثامن:

ما أهمية دراسة التعجيل في الميكانيك الكلاسيكي؟

المحاضرة السادسة

الحركة بتعجيل ثابت ومعادلات الحركة

تُعد الحركة بتعجيل ثابت من أهم موضوعات الميكانيك الكلاسيكي، إذ إن العديد من الظواهر الطبيعية يمكن وصفها باستخدام هذا النوع من الحركة، مثل سقوط الأجسام سقوطاً حراً وحركة المركبات عند التسارع أو التباطؤ المنتظم.

يقصد بالتعجيل الثابت أن مقدار التعجيل واتجاهه يبقيان ثابتين طوال فترة الحركة، أي أن سرعة الجسم تتغير بمعدل ثابت مع الزمن.

فعندما تتحرك سيارة ويزداد مقدار سرعتها بمقدار 2 m/s كل ثانية فإن تعجيلها يكون ثابتاً ويساوي:

$a = 2\ m/s^2$

وفي هذه الحالة يمكن استخدام مجموعة من المعادلات الرياضية تعرف باسم معادلات الحركة بتعجيل ثابت.

شروط تطبيق معادلات الحركة

لكي يمكن استخدام معادلات الحركة يجب أن:

1. تكون الحركة في خط مستقيم.
2. يكون التعجيل ثابتاً.
3. تكون الكميات المستخدمة ضمن النظام نفسه للوحدات.

معادلات الحركة الأساسية

المعادلة الأولى

تعطي السرعة النهائية بدلالة السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن:

$$v_f = v_i + at$$

حيث:

v_f = السرعة النهائية

v_i = السرعة الابتدائية

a = التعجيل

t = الزمن

المعادلة الثانية

تعطي الإزاحة بدلالة السرعة الابتدائية والزمن والتعجيل:

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

حيث:

x = الإزاحة

المعادلة الثالثة

تعطي الإزاحة بدلالة السرعتين الابتدائية والنهائية:

$$x = (v_i + v_f)/2 \times t$$

المعادلة الرابعة

تستخدم عندما لا يكون الزمن معلوماً:

$$vf^2 = vi^2 + 2ax$$

اختيار المعادلة المناسبة

عند حل أي مسألة يجب أولاً تحديد المعطيات والمطلوب.

إذا كان الزمن موجوداً غالباً نستخدم إحدى المعادلات الثلاث الأولى.

أما إذا لم يكن الزمن معلوماً فنستخدم المعادلة الرابعة.

مفهوم السقوط الحر كحركة بتعجيل ثابت

من أشهر الأمثلة على الحركة بتعجيل ثابت سقوط الأجسام تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

حيث يكون التعجيل ثابتاً تقريباً ويساوي:

$$g = 9.8\ m/s^2$$

وفي كثير من المسائل يؤخذ:

$$g = 10\ m/s^2$$

لتسهيل الحسابات.

أهمية معادلات الحركة

تستخدم هذه المعادلات في:

- دراسة حركة السيارات والقطارات.
- تصميم الطرق والمطارات.
- دراسة سقوط الأجسام.
- حساب مسافات التوقف.
- التطبيقات الهندسية والفضائية.

مثال محلول(1)

تحركت سيارة من السكون بتعجيل ثابت مقداره $3\ m/s^2$ لمدة $5.s$

احسب السرعة النهائية.

الحل:

المعطيات:

$v_i = 0$ m/s

$a = 3$ m/s²

$t = 5$ s

باستخدام المعادلة:

$v_f = v_i + at$

$v_f = 0 + (3 \times 5)$

$v_f = 15$ m/s

إذن السرعة النهائية تساوي:

15 m/s

مثال محلول(2)

جسم يتحرك بسرعة ابتدائية مقدارها 4 m/s وبتعجيل ثابت مقداره 2 m/s² لمدة 6.s

احسب الإزاحة.

الحل:

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

$x = (4 \times 6) + \frac{1}{2} (2 \times 6^2)$

$x = 24 + 36$

$x = 60$ m

إذن الإزاحة تساوي:

60 m

مثال محلول(3)

تحرك جسم بسرعة ابتدائية 10 m/s وبتعجيل ثابت 2 m/s² وقطع إزاحة مقدارها 40.m

أوجد السرعة النهائية.

الحل:

$v_f^2 = v_i^2 + 2ax$

$vf^2 = 10^2 + 2(2)(40)$

$vf^2 = 100 + 160$

$vf^2 = 260$

$vf = \sqrt{260}$

$vf = 16.12\ m/s$

إذن السرعة النهائية تساوي تقريباً:

$16.12\ m/s$

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالحركة بتعجيل ثابت؟
2. ما شروط استخدام معادلات الحركة؟
3. متى نستخدم المعادلة الرابعة؟
4. ما المقصود بالسقوط الحر؟
5. ما قيمة عجلة الجاذبية الأرضية؟
6. ما الفرق بين السرعة الابتدائية والسرعة النهائية؟
7. لماذا تعد حركة السقوط الحر مثالاً للحركة بتعجيل ثابت؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

تحركت سيارة من السكون بتعجيل ثابت مقداره $4\ m/s^2$ لمدة $8.s$

احسب السرعة النهائية.

السؤال الثاني:

جسم سرعته الابتدائية $5\ m/s$ وتعجيله $3\ m/s^2$ واستمر بالحركة لمدة $7.s$

احسب:

أ- السرعة النهائية.

ب- الإزاحة.

السؤال الثالث:

تحرك جسم بسرعة ابتدائية $12\ m/s$ وتعجيل ثابت $2\ m/s^2$ وقطع مسافة $50.m$

أوجد السرعة النهائية.

السؤال الرابع:

اشرح شروط تطبيق معادلات الحركة بتعجيل ثابت.

السؤال الخامس:

كرة سقطت سقوطاً حراً من السكون لمدة 4.s

احسب:

أ- سرعتها النهائية.

ب- المسافة التي قطعتها.

اعتبر:

$g = 9.8\ m/s^2$

السؤال السادس:

ما المعادلة المناسبة لإيجاد السرعة النهائية إذا كانت السرعة الابتدائية والتعجيل والإزاحة معلومة بينما الزمن غير معلوم؟ وضح السبب.

السؤال السابع:

اذكر ثلاثة تطبيقات عملية للحركة بتعجيل ثابت في الحياة اليومية.

المحاضرة السابعة

السقوط الحر والحركة العمودية

تعد حركة السقوط الحر من أهم التطبيقات العملية للحركة بتعجيل ثابت، إذ تدرس حركة الأجسام تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط مع إهمال مقاومة الهواء. وتظهر هذه الحركة في العديد من الظواهر اليومية مثل سقوط حجر من ارتفاع معين أو قفز جسم من مكان مرتفع.

اكتشف العالم الإيطالي جاليليو جاليلي أن جميع الأجسام تسقط نحو الأرض بالتعجيل نفسه إذا أهملت مقاومة الهواء، بغض النظر عن كتلتها أو حجمها.

مفهوم السقوط الحر

السقوط الحر هو حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط دون تأثير أي قوة أخرى.

ويكون التعجيل ثابتاً ويسمى تعجيل الجاذبية الأرضية ويرمز له بالرمز:

g

وقيمته:

$g = 9.8\ m/s^2$

وفي العديد من المسائل التقريبية تؤخذ:

$g = 10\ m/s^2$

ويتجه دائماً نحو مركز الأرض.

خصائص السقوط الحر

1. التعجيل ثابت طوال الحركة.
2. لا يعتمد على كتلة الجسم.
3. تكون السرعة متزايدة أثناء السقوط.
4. يمكن تطبيق معادلات الحركة ذات التعجيل الثابت عليه.

الحركة العمودية إلى الأسفل

عندما يترك جسم ليسقط من السكون فإن:

السرعة الابتدائية:

$v_i = 0$

ويبدأ الجسم باكتساب سرعة متزايدة نتيجة تأثير الجاذبية.

يمكن استخدام معادلات الحركة:

$$v_f = v_i + gt$$

$$x = v_i t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2gx$$

الحركة العمودية إلى الأعلى

إذا قذف جسم إلى الأعلى بسرعة ابتدائية معينة فإن الجاذبية الأرضية تعمل بعكس اتجاه الحركة.

في هذه الحالة:

- تقل السرعة تدريجياً أثناء الصعود.

- تصبح السرعة صفراً عند أعلى نقطة.
- يبدأ الجسم بعدها بالسقوط نحو الأسفل.

عند أعلى نقطة:

$vf = 0$

وتعد هذه النقطة ذات أهمية كبيرة في حل مسائل المقذوفات والحركة الرأسية.

زمن الصعود

يمكن حساب زمن الصعود من العلاقة:

$t = vi / g$

حيث:

vi = السرعة الابتدائية

g = تعجيل الجاذبية الأرضية

أقصى ارتفاع

يمكن حساب أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم من العلاقة:

$h = vi^2 / 2g$

زمن الرحلة الكلي

إذا عاد الجسم إلى نقطة القذف نفسها فإن:

زمن الرحلة = 2 × زمن الصعود

السرعة عند العودة

عند إهمال مقاومة الهواء فإن الجسم يعود إلى نقطة القذف بنفس مقدار السرعة الابتدائية ولكن باتجاه معاكس.

أهمية دراسة السقوط الحر

تستخدم دراسة السقوط الحر في:

- الهندسة المدنية.
- تصميم الأبراج والمنشآت.
- دراسة حركة الأقمار الصناعية.
- التطبيقات العسكرية.
- الرياضات المختلفة مثل القفز والرماية.

مثال محلول(1)

سقط جسم من السكون لمدة 4 ثوان.

احسب:

أ- السرعة النهائية.

ب- المسافة المقطوعة.

الحل:

المعطيات:

$vi = 0$

$t = 4\ s$

$g = 9.8\ m/s^2$

أولاً: السرعة النهائية

$vf = vi + gt$

$vf = 0 + (9.8 \times 4)$

$vf = 39.2\ m/s$

ثانياً: المسافة

$x = vi\ t + ½\ gt^2$

$x = 0 + ½\ (9.8 \times 16)$

$x = 78.4\ m$

إذن:

السرعة النهائية = $39.2 m/s$

المسافة المقطوعة = $78.4 m$

مثال محلول(2)

قذف جسم عمودياً إلى الأعلى بسرعة ابتدائية مقدارها $30.m/s$

احسب:

أ- زمن الصعود.

ب- أقصى ارتفاع.

الحل:

زمن الصعود:

$t = v_i / g$

$t = 30 / 9.8$

$t = 3.06\ s$

أقصى ارتفاع:

$h = v_i^2 / 2g$

$h = 30^2 / (2 \times 9.8)$

$h = 900 / 19.6$

$h = 45.9\ m$

إذن:

زمن الصعود = s3.06

أقصى ارتفاع = m45.9

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالسقوط الحر؟
2. ما قيمة تعجيل الجاذبية الأرضية؟
3. لماذا تسقط الأجسام المختلفة الكتلة بالتعجيل نفسه؟
4. ماذا يحدث لسرعة الجسم أثناء الصعود؟
5. ما قيمة السرعة عند أعلى نقطة؟
6. كيف يحسب زمن الصعود؟
7. كيف يحسب أقصى ارتفاع؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

ترك جسم ليسقط من السكون لمدة s.5

احسب:

أ- السرعة النهائية.

ب- المسافة المقطوعة.

السؤال الثاني:

قذف جسم عمودياً إلى الأعلى بسرعة ابتدائية m/s.20

احسب:

أ- زمن الصعود.

ب- أقصى ارتفاع.

السؤال الثالث:

قذف جسم إلى الأعلى بسرعة m/s.25

احسب زمن الرحلة الكلي إذا عاد إلى نقطة القذف نفسها.

السؤال الرابع:

اشرح الفرق بين الحركة العمودية إلى الأعلى والحركة العمودية إلى الأسفل.

السؤال الخامس:

سقط جسم من ارتفاع m.100

احسب سرعته قبل وصوله إلى الأرض مباشرة.

السؤال السادس:

لماذا تكون السرعة عند أعلى نقطة مساوية للصفر بينما يبقى التعجيل موجوداً؟

السؤال السابع:

اذكر ثلاثة تطبيقات عملية لمفهوم السقوط الحر في الحياة اليومية والهندسة.

المحاضرة الثامنة

الحركة في بعدين والمتجهات في المستوى

في المحاضرات السابقة تمت دراسة الحركة في بعد واحد، حيث يتحرك الجسم على خط مستقيم ويكون وصف الحركة بسيطاً نسبياً. أما في كثير من التطبيقات العملية فإن الأجسام تتحرك في أكثر من اتجاه في الوقت نفسه، ولذلك نحتاج إلى دراسة الحركة في بعدين.

الحركة في بعدين هي الحركة التي تتم في مستوى معين بحيث يتغير موضع الجسم في الاتجاهين الأفقي والعمودي مع الزمن. ومن الأمثلة على ذلك حركة المقذوفات، وحركة الطائرات، وحركة القوارب في الأنهار، وحركة السيارات عند المنعطفات.

الإحداثيات في المستوى

لتحديد موقع جسم في بعدين نستخدم نظام الإحداثيات الديكارتية الذي يتكون من:

- المحور الأفقي.(x)
- المحور العمودي.(y)

ويمثل موضع الجسم بالنقطة:

(x , y)

فعلى سبيل المثال إذا كان جسم يقع على بعد 4 m أفقياً و3 m عمودياً فإن موقعه يكتب:

$(4 , 3)$

المتجهات في المستوى

المتجه هو كمية فيزيائية لها مقدار واتجاه.

ومن أمثلة المتجهات:

- الإزاحة.
- السرعة.
- التعجيل.
- القوة.

في الحركة ثنائية الأبعاد يمكن تمثيل أي متجه بمركبتين:

- مركبة أفقية.
- مركبة عمودية.

تحليل المتجهات

إذا كان لدينا متجه مقداره A ويصنع زاوية θ مع المحور الأفقي فإن:

المركبة الأفقية:

$$Ax = A \cos \theta$$

المركبة العمودية:

$$Ay = A \sin \theta$$

ويعد تحليل المتجهات من أهم العمليات المستخدمة في الميكانيك لأنه يسهل دراسة الحركة والقوى.

إيجاد مقدار المتجه

إذا كانت مركبتا المتجه معلومتين فإن مقداره يحسب من نظرية فيثاغورس:

$$A = \sqrt{(Ax^2 + Ay^2)}$$

أما اتجاهه فيحسب من العلاقة:

$$\tan \theta = Ay / Ax$$

الإزاحة في بعدين

إذا تحرك جسم من نقطة أولى:

$$(x_1 , y_1)$$

إلى نقطة ثانية:

$$(x_2 , y_2)$$

فإن مركبتي الإزاحة تكونان:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

أما مقدار الإزاحة فيحسب من العلاقة:

$$\Delta r = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$$

السرعة في بعدين

السرعة في بعدين لها مركبتان:

$$vx$$

$$vy$$

وتحسب السرعة المحصلة من العلاقة:

$$v = \sqrt{(vx^2 + vy^2)}$$

ويحدد اتجاهها باستخدام:

$$\tan \theta = vy / vx$$

التعجيل في بعدين

مثل السرعة تماماً، يمكن تحليل التعجيل إلى مركبتين:

ax

ay

ويكون مقدار التعجيل:

$$a = \sqrt{(ax^2 + ay^2)}$$

وتستخدم هذه العلاقات بصورة واسعة في دراسة المقذوفات والحركة الدائرية.

أهمية دراسة الحركة في بعدين

تظهر أهمية الحركة في بعدين في العديد من التطبيقات العملية ومنها:

- حركة المقذوفات.
- الملاحة الجوية.
- حركة السفن.
- الهندسة المدنية.
- الميكانيك الهندسي.
- تصميم الطرق والجسور.

مثال محلول(1)

متجه مقداره 20 m ويصنع زاوية 30° مع المحور الأفقي.

أوجد مركبتيه.

الحل:

المعطيات:

$$A = 20 \text{ m}$$

$$\theta = 30°$$

المركبة الأفقية:

$$Ax = A \cos \theta$$

$$Ax = 20 \times \cos 30°$$

$$Ax = 20 \times 0.866$$

$Ax = 17.32\ m$

المركبة العمودية:

$Ay = A \sin \theta$

$Ay = 20 \times \sin 30°$

$Ay = 20 \times 0.5$

$Ay = 10\ m$

إذن:

المركبة الأفقية = $17.32 m$

المركبة العمودية = $10 m$

مثال محلول(2)

إذا كانت مركبتا الإزاحة:

$\Delta x = 6\ m$

$\Delta y = 8\ m$

احسب مقدار الإزاحة.

الحل:

$\Delta r = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$

$\Delta r = \sqrt{(6^2 + 8^2)}$

$\Delta r = \sqrt{(36 + 64)}$

$\Delta r = \sqrt{100}$

$\Delta r = 10\ m$

إذن مقدار الإزاحة يساوي:

$10\ m$

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالحركة في بعدين؟
2. ما الفرق بين الحركة في بعد واحد والحركة في بعدين؟
3. ما المقصود بالمركبة الأفقية والمركبة العمودية؟

4. لماذا نحلل المتجهات إلى مركبات؟
5. كيف يحسب مقدار المتجه؟
6. كيف نحسب اتجاه المتجه؟
7. ما التطبيقات العملية للحركة في بعدين؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

حلل متجهاً مقداره 50 N ويصنع زاوية 45° مع المحور الأفقي إلى مركبتيه الأفقية والعمودية.

السؤال الثاني:

إذا كانت مركبتا متجه:

$Ax = 12$

$Ay = 5$

احسب:

أ- مقدار المتجه.

ب- اتجاهه.

السؤال الثالث:

تحرك جسم من النقطة:

$(2 , 3)$

إلى النقطة:

$(10 , 9)$

احسب:

أ- مركبتي الإزاحة.

ب- مقدار الإزاحة.

السؤال الرابع:

إذا كانت مركبتا السرعة:

$v_x = 15$ m/s

$v_y = 20$ m/s

احسب مقدار السرعة المحصلة.

السؤال الخامس:

اشرح أهمية تحليل المتجهات في دراسة الميكانيك الكلاسيكي.

السؤال السادس:

اذكر خمسة أمثلة من الحياة العملية تمثل حركة في بعدين.

السؤال السابع:

ما الفرق بين المتجه والكمية القياسية مع إعطاء أمثلة لكل منهما؟

المحاضرة التاسعة

حركة المقذوفات

تُعد حركة المقذوفات من أهم تطبيقات الحركة في بعدين، حيث يتحرك الجسم في مسار منحنٍ تحت تأثير الجاذبية الأرضية بعد قذفه بسرعة ابتدائية بزاوية معينة مع المستوى الأفقي. ومن الأمثلة الشائعة على حركة المقذوفات: رمي كرة القدم، وإطلاق المقذوفات، ورمي الرمح، وحركة المياه الخارجة من النافورات.

عند دراسة حركة المقذوفات نهمل مقاومة الهواء ونفترض أن القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم هي قوة الجاذبية الأرضية.

مفهوم المقذوف

المقذوف هو جسم يُعطى سرعة ابتدائية ثم يتحرك تحت تأثير الجاذبية فقط.

وعند قذف الجسم بزاوية θ مع الأفق فإن سرعته الابتدائية تتحلل إلى مركبتين:

- مركبة أفقية.
- مركبة عمودية.

المركبة الأفقية للسرعة

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

المركبة العمودية للسرعة

$v_y = v_0 \sin \theta$

حيث:

v_0 = السرعة الابتدائية

θ = زاوية القذف

خصائص حركة المقذوفات

1. الحركة الأفقية تكون بسرعة ثابتة.
2. الحركة العمودية تكون بتعجيل ثابت مقداره g.
3. المسار يكون على شكل قطع مكافئ.
4. المركبتان الأفقية والعمودية مستقلتان عن بعضهما.

الحركة الأفقية

لا يوجد تعجيل أفقي، لذلك تكون السرعة الأفقية ثابتة:

v_x = ثابت

وتحسب الإزاحة الأفقية من العلاقة:

$x = v_x t$

أو

$x = (v_0 \cos \theta)t$

الحركة العمودية

الحركة العمودية تخضع لتأثير الجاذبية الأرضية.

وتستخدم لها معادلات الحركة بتعجيل ثابت:

$v_y = v_0 \sin \theta - gt$

$y = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$

زمن الوصول إلى أعلى نقطة

عند أعلى نقطة تصبح السرعة العمودية مساوية للصفر:

$v_y = 0$

ومنها:

$$t = (v_o \sin \theta) / g$$

أقصى ارتفاع

يحسب أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف من العلاقة:

$$H = (v_o^2 \sin^2\theta) / 2g$$

زمن الطيران

إذا عاد المقذوف إلى مستوى الإطلاق نفسه فإن زمن الطيران يكون:

$$T = (2v_o \sin \theta) / g$$

المدى الأفقي

المدى الأفقي هو المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف قبل عودته إلى الأرض.

ويحسب من العلاقة:

$$R = (v_o^2 \sin 2\theta) / g$$

حيث:

R = المدى الأفقي

زاوية القذف المثلى

عندما تكون زاوية القذف:

$$\theta = 45°$$

فإن المدى الأفقي يكون أعظمياً.

وهذا السبب في استخدام هذه الزاوية غالباً عند الحاجة إلى تحقيق أكبر مسافة أفقية.

تطبيقات حركة المقذوفات

تستخدم حركة المقذوفات في:

- الألعاب الرياضية.
- الهندسة العسكرية.
- إطلاق الصواريخ.
- أنظمة الإطفاء.
- تصميم النوافير.
- دراسة حركة الأجسام الفضائية.

مثال محلول(1)

قُذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها 20 m/s وبزاوية 30° مع الأفق.

احسب المركبتين الأفقية والعمودية للسرعة.

الحل:

المعطيات:

$v_0 = 20\ m/s$

$\theta = 30°$

المركبة الأفقية:

$v_x = v_0 \cos \theta$

$v_x = 20 \times 0.866$

$v_x = 17.32\ m/s$

المركبة العمودية:

$v_y = v_0 \sin \theta$

$v_y = 20 \times 0.5$

$v_y = 10\ m/s$

إذن:

المركبة الأفقية = 17.32m/s

المركبة العمودية = 10m/s

مثال محلول(2)

قُذف جسم بسرعة ابتدائية 25 m/s وبزاوية 45°.

احسب زمن الطيران.

الحل:

$T = (2v_0 \sin \theta) / g$

$T = (2 \times 25 \times 0.707) / 9.8$

$T = 3.61\ s$

إذن زمن الطيران يساوي:

3.61ثانية

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بحركة المقذوفات؟
2. لماذا نهمل مقاومة الهواء عند دراسة المقذوفات؟
3. ما المقصود بالمركبة الأفقية للسرعة؟
4. ما المقصود بالمركبة العمودية للسرعة؟
5. ما شكل مسار المقذوف؟
6. كيف يحسب زمن الطيران؟
7. كيف يحسب المدى الأفقي؟
8. لماذا تعطي زاوية 45° أكبر مدى أفقي؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

قُذف جسم بسرعة ابتدائية 30 m/s وبزاوية 60°.

احسب:

أ- المركبة الأفقية للسرعة.

ب- المركبة العمودية للسرعة.

السؤال الثاني:

قُذف جسم بسرعة ابتدائية 20 m/s وبزاوية 45°.

احسب زمن الطيران.

السؤال الثالث:

قُذف جسم بسرعة ابتدائية 40 m/s وبزاوية 30°.

احسب أقصى ارتفاع يصل إليه.

السؤال الرابع:

قُذف جسم بسرعة ابتدائية 35 m/s وبزاوية 45°.

احسب المدى الأفقي.

السؤال الخامس:

اشرح لماذا يمكن اعتبار الحركة الأفقية والحركة العمودية مستقلتين عن بعضهما في حركة المقذوفات.

السؤال السادس:

اذكر خمسة تطبيقات عملية لحركة المقذوفات في الحياة اليومية والهندسة.

السؤال السابع:

ما تأثير زيادة زاوية القذف على زمن الطيران وأقصى ارتفاع المقذوف؟

المحاضرة العاشرة

قوانين نيوتن للحركة وتطبيقاتها

تُعد قوانين نيوتن للحركة من أهم القوانين في الفيزياء الكلاسيكية، إذ وضعها العالم الإنجليزي إسحاق نيوتن في القرن السابع عشر لتفسير حركة الأجسام تحت تأثير القوى المختلفة. وتمثل هذه القوانين الأساس الذي بنيت عليه الميكانيك الكلاسيكي، وما زالت تستخدم حتى اليوم في العديد من التطبيقات الهندسية والعلمية.

القوة هي مؤثر خارجي يؤدي إلى تغيير حالة الجسم الحركية أو شكله. وتقاس القوة بوحدة النيوتن (N) في النظام الدولي للوحدات.

يمكن تعريف النيوتن بأنه القوة اللازمة لإكساب جسم كتلته 1 kg تعجيلاً مقداره 1 m/s^2.

قانون نيوتن الأول

ينص قانون نيوتن الأول على أن:

"يبقى الجسم الساكن ساكناً، ويبقى الجسم المتحرك بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم محافظاً على حالته ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من تلك الحالة".

يعرف هذا القانون أيضاً باسم قانون القصور الذاتي.

القصور الذاتي

القصور الذاتي هو ميل الجسم للمحافظة على حالته الحركية.

فالأجسام الثقيلة تمتلك قصوراً ذاتياً أكبر من الأجسام الخفيفة لأنها تحتاج إلى قوة أكبر لتغيير حالتها الحركية.

أمثلة على قانون نيوتن الأول

- اندفاع الركاب إلى الأمام عند توقف السيارة فجأة.

- استمرار الكرة في الحركة بعد ركلها حتى تؤثر عليها قوى الاحتكاك.
- بقاء الكتاب ساكناً فوق الطاولة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية.

قانون نيوتن الثاني

ينص قانون نيوتن الثاني على أن:

"يتناسب التعجيل الحاصل لجسم طردياً مع القوة المحصلة المؤثرة عليه وعكسياً مع كتلته".

ويعبر عنه رياضياً بالعلاقة:

$$F = ma$$

حيث:

F = القوة المحصلة (N)

m = الكتلة (kg)

a = التعجيل (m/s^2)

من هذه العلاقة نلاحظ أن:

- زيادة القوة تؤدي إلى زيادة التعجيل.
- زيادة الكتلة تؤدي إلى نقصان التعجيل عند ثبات القوة.

أهمية قانون نيوتن الثاني

يستخدم هذا القانون في:

- تصميم السيارات والطائرات.
- دراسة حركة الأجسام.
- حساب القوى المؤثرة في المنشآت الهندسية.
- تحليل الحركة الميكانيكية.

قانون نيوتن الثالث

ينص قانون نيوتن الثالث على أن:

"لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه".

أي أن القوى تظهر دائماً على شكل أزواج.

أمثلة على قانون نيوتن الثالث

- عند المشي يدفع الإنسان الأرض إلى الخلف فتدفعه الأرض إلى الأمام.
- حركة الصواريخ نتيجة اندفاع الغازات إلى الخلف.
- ارتداد البندقية عند إطلاق الرصاصة.
- السباحة في الماء.

القوى المؤثرة على الأجسام

وزن الجسم

هو القوة الناتجة عن جذب الأرض للجسم.

ويحسب من العلاقة:

$$W = mg$$

حيث:

W = الوزن

m = الكتلة

g = تعجيل الجاذبية الأرضية

القوة العمودية

هي القوة التي يؤثر بها السطح على الجسم الملامس له وتكون عمودية على السطح.

قوة الشد

هي القوة الناتجة عن الحبال أو الأسلاك عند شد الأجسام.

قوة الاحتكاك

هي القوة التي تعارض الحركة بين سطحين متلامسين.

الاتزان

يكون الجسم في حالة اتزان عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة عليه مساوية للصفر.

في هذه الحالة:

$$\Sigma F = 0$$

ويكون الجسم إما ساكناً أو متحركاً بسرعة ثابتة.

مثال محلول(1)

إذا أثرت قوة مقدارها 30 N في جسم كتلته 5kg ، احسب التعجيل.

الحل:

المعطيات:

$$F = 30\ N$$

$m = 5\ kg$

من قانون نيوتن الثاني:

$a = F / m$

$a = 30 / 5$

$a = 6\ m/s^2$

إذن التعجيل يساوي:

$6\ m/s^2$

مثال محلول(2)

احسب وزن جسم كتلته 10.kg

الحل:

$W = mg$

$W = 10 \times 9.8$

$W = 98\ N$

إذن وزن الجسم يساوي:

98نيوتن.

أسئلة المحاضرة

1. من هو العالم الذي وضع قوانين الحركة؟
2. ما المقصود بالقصور الذاتي؟
3. اذكر نص قانون نيوتن الأول.
4. اذكر نص قانون نيوتن الثاني.
5. ما العلاقة الرياضية لقانون نيوتن الثاني؟
6. اذكر نص قانون نيوتن الثالث.
7. ما المقصود بالوزن؟
8. متى يكون الجسم في حالة اتزان؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

احسب التعجيل الناتج عن تأثير قوة مقدارها 48 N في جسم كتلته 8.kg

---

السؤال الثاني:

احسب القوة اللازمة لإكساب جسم كتلته 12 kg تعجيلاً مقداره 4.m/s^2

السؤال الثالث:

احسب وزن جسم كتلته 15.kg

السؤال الرابع:

اشرح مفهوم القصور الذاتي مع إعطاء مثال من الحياة اليومية.

السؤال الخامس:

اذكر ثلاثة تطبيقات لقانون نيوتن الأول وثلاثة تطبيقات لقانون نيوتن الثالث.

السؤال السادس:

إذا أثرت قوتان في جسم، الأولى 20 N نحو الشرق والثانية 12 N نحو الغرب، احسب القوة المحصلة.

السؤال السابع:

ما الفرق بين الكتلة والوزن؟

السؤال الثامن:

اشرح مفهوم الاتزان الميكانيكي ومتى يتحقق.

المحاضرة الحادية عشرة

الاحتكاك والقوى في المستوى المائل والحركة الدائرية

في الحياة اليومية تتعرض الأجسام إلى أنواع مختلفة من القوى تؤثر في حركتها، ومن أهم هذه القوى قوة الاحتكاك التي تنشأ نتيجة التلامس بين سطحين. كما أن دراسة الحركة على المستويات المائلة والحركة الدائرية تعد من التطبيقات المهمة لقوانين نيوتن للحركة.

الاحتكاك(Friction)

الاحتكاك هو القوة التي تنشأ بين سطحين متلامسين وتعمل على مقاومة الحركة أو محاولة الحركة بينهما.

وتعتمد قوة الاحتكاك على طبيعة السطحين المتلامسين والقوة العمودية المؤثرة بينهما.

أنواع الاحتكاك

أولاً: الاحتكاك السكوني

هو الاحتكاك الذي يمنع الجسم من الحركة عندما تؤثر عليه قوة خارجية.

فعندما نحاول دفع صندوق ثقيل ولا يتحرك فإن الاحتكاك السكوني هو الذي يمنع الحركة.

ثانياً: الاحتكاك الحركي

هو الاحتكاك الذي يظهر عندما يكون الجسم متحركاً بالفعل على سطح معين.

ويكون عادة أقل من الاحتكاك السكوني.

معامل الاحتكاك

يعبر عن طبيعة السطحين المتلامسين ويرمز له بالرمز:

μ

ولا يمتلك وحدة قياس.

قوة الاحتكاك الحركي

تحسب من العلاقة:

$$Ff = \mu N$$

حيث:

Ff = قوة الاحتكاك

μ = معامل الاحتكاك

N = القوة العمودية

فوائد الاحتكاك

- المشي على الأرض.
- حركة السيارات.
- الكتابة بالقلم.
- تثبيت الأجسام في أماكنها.

أضرار الاحتكاك

- تآكل أجزاء الآلات.
- فقدان الطاقة على شكل حرارة.
- زيادة استهلاك الوقود.

المستوى المائل

المستوى المائل هو سطح يصنع زاوية معينة مع الأفق.

ويستخدم لتسهيل رفع الأجسام الثقيلة باستخدام قوة أصغر.

عند دراسة جسم على مستوى مائل يتم تحليل وزن الجسم إلى مركبتين:

المركبة الموازية للمستوى

$$W\| = mg \sin\theta$$

وهي المسؤولة عن حركة الجسم على المستوى.

المركبة العمودية على المستوى

$$W\perp = mg \cos\theta$$

وهي المسؤولة عن توليد القوة العمودية.

القوة العمودية

$$N = mg \cos\theta$$

عند إهمال القوى الأخرى.

أهمية المستويات المائلة

تستخدم في:

- المنحدرات والطرق الجبلية.
- تحميل البضائع.
- المصاعد والمنشآت الصناعية.
- المعدات الميكانيكية.

الحركة الدائرية

الحركة الدائرية هي حركة جسم على مسار دائري حول مركز معين.

ومن أمثلتها:

- حركة الأقمار الصناعية.
- دوران المراوح.

- دوران عجلات السيارات.
- حركة الكواكب حول الشمس.

السرعة الخطية

هي السرعة المماسية لمسار الجسم الدائري.

ويرمز لها بالرمز:

v

السرعة الزاوية

هي معدل تغير الزاوية مع الزمن.

ويرمز لها:

ω

ووحدتها:

rad/s

القوة المركزية

لكي يستمر الجسم بالحركة في مسار دائري لا بد من وجود قوة تتجه نحو مركز الدائرة تسمى القوة المركزية.

وتعطى بالعلاقة:

$Fc = mv^2 / r$

حيث:

Fc = القوة المركزية

m = الكتلة

v = السرعة الخطية

r = نصف قطر المسار

التعجيل المركزي

يعطى بالعلاقة:

$ac = v^2 / r$

ويتجه دائماً نحو مركز الدائرة.

تطبيقات الحركة الدائرية

- تصميم الطرق الدائرية.
- الأقمار الصناعية.
- الملاهي والألعاب الدوارة.
- المحركات والتوربينات.
- دراسة حركة الكواكب.

مثال محلول(1)

جسم كتلته 5 kg على سطح أفقي معامل الاحتكاك الحركي بينه وبين السطح يساوي 0.3.

احسب قوة الاحتكاك.

الحل:

القوة العمودية:

$$N = mg$$

$$N = 5 \times 9.8$$

$$N = 49\ N$$

قوة الاحتكاك:

$$Ff = \mu N$$

$$Ff = 0.3 \times 49$$

$$Ff = 14.7\ N$$

إذن قوة الاحتكاك تساوي:

14.7نيوتن

مثال محلول(2)

سيارة كتلتها 1000 kg تتحرك بسرعة 20 m/s في مسار دائري نصف قطره 50.m

احسب القوة المركزية.

الحل:

$$Fc = mv^2 / r$$

$$Fc = (1000 \times 20^2) / 50$$

$$Fc = (1000 \times 400) / 50$$

Fc = 8000 N

إذن القوة المركزية تساوي:

8000نيوتن

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالاحتكاك؟
2. ما الفرق بين الاحتكاك السكوني والحركي؟
3. ما المقصود بمعامل الاحتكاك؟
4. ما فوائد الاحتكاك؟
5. ما أضرار الاحتكاك؟
6. ما المقصود بالمستوى المائل؟
7. ما هي القوة المركزية؟
8. ما المقصود بالتعجيل المركزي؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

جسم كتلته 8 kg على سطح أفقي ومعامل الاحتكاك الحركي يساوي 0.25.

احسب قوة الاحتكاك.

السؤال الثاني:

جسم كتلته 10 kg موضوع على مستوى مائل زاويته 30°.

احسب:

أ- المركبة الموازية للمستوى.

ب- المركبة العمودية على المستوى.

السؤال الثالث:

سيارة كتلتها 1200 kg تتحرك بسرعة 15 m/s في مسار دائري نصف قطره 40.m

احسب القوة المركزية.

السؤال الرابع:

احسب التعجيل المركزي لجسم يتحرك بسرعة 12 m/s في دائرة نصف قطرها 6.m

---

السؤال الخامس:

اذكر أربعة تطبيقات عملية للاحتكاك في الحياة اليومية.

السؤال السادس:

اشرح لماذا يحتاج الجسم إلى قوة مركزية ليستمر في الحركة الدائرية.

السؤال السابع:

ما الفرق بين الحركة الخطية والحركة الدائرية؟

المحاضرة الثانية عشرة

الشغل والطاقة وقانون حفظ الطاقة

تعد مفاهيم الشغل والطاقة من المفاهيم الأساسية في الميكانيك الكلاسيكي، إذ ترتبط ارتباطاً مباشراً بحركة الأجسام والقوى المؤثرة فيها. وتستخدم هذه المفاهيم في تفسير العديد من الظواهر الطبيعية والتطبيقات الهندسية المختلفة، مثل حركة المركبات والآلات والرافعات والأجهزة الميكانيكية.

الشغل(Work)

يُعرف الشغل بأنه مقدار الطاقة المنتقلة إلى جسم نتيجة تأثير قوة تؤدي إلى إزاحته.

يبذل شغل عندما تؤدي القوة إلى إحداث حركة للجسم في اتجاه تأثير القوة.

يعطى الشغل بالعلاقة:

$$W = F\ d\ \cos\theta$$

حيث:

W = الشغل(J)

F = القوة المؤثرة(N)

d = الإزاحة(m)

θ = الزاوية بين القوة والإزاحة

وحدة الشغل في النظام الدولي هي:

الجول(J)

ويعادل:

1جول = 1 نيوتن × متر

حالات خاصة للشغل

الحالة الأولى: القوة في اتجاه الحركة

عندما تكون الزاوية:

$\theta = 0°$

فإن:

$\cos 0 = 1$

وعليه:

$W = Fd$

ويكون الشغل أعظمياً.

الحالة الثانية: القوة عمودية على الحركة

عندما تكون:

$\theta = 90°$

فإن:

$\cos 90 = 0$

وعليه:

$W = 0$

أي لا يبذل أي شغل.

الحالة الثالثة: القوة بعكس اتجاه الحركة

عندما تكون:

$\theta = 180°$

فإن:

$\cos 180 = -1$

ويكون الشغل سالباً.

ومن الأمثلة على ذلك شغل قوة الاحتكاك.

الطاقة(Energy)

الطاقة هي القدرة على بذل شغل.

ولا يمكن رؤية الطاقة بصورة مباشرة ولكن يمكن ملاحظة تأثيراتها المختلفة.

وتوجد أشكال متعددة للطاقة مثل:

- الطاقة الحركية.
- طاقة الوضع.
- الطاقة الحرارية.
- الطاقة الكهربائية.
- الطاقة الكيميائية.

في الميكانيك الكلاسيكي نهتم بصورة رئيسية بالطاقة الحركية وطاقة الوضع.

الطاقة الحركية(Kinetic Energy)

هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة حركته.

وتعطى بالعلاقة:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

حيث:

KE = الطاقة الحركية(J)

m = الكتلة(kg)

v = السرعة(m/s)

من العلاقة السابقة نلاحظ أن الطاقة الحركية تعتمد على الكتلة ومربع السرعة.

طاقة الوضع(Potential Energy)

هي الطاقة المختزنة في الجسم نتيجة موقعه أو موضعه.

وأشهر أنواعها طاقة الوضع الجاذبية.

وتعطى بالعلاقة:

$$PE = mgh$$

حيث:

PE = طاقة الوضع

m = الكتلة

g = تعجيل الجاذبية الأرضية

h = الارتفاع

كلما ازداد ارتفاع الجسم ازدادت طاقة وضعه.

الطاقة الميكانيكية

تعرف الطاقة الميكانيكية بأنها مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع.

وتعطى بالعلاقة:

$$ME = KE + PE$$

قانون حفظ الطاقة

ينص قانون حفظ الطاقة على أن:

"الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وإنما تتحول من شكل إلى آخر".

وفي حالة إهمال الاحتكاك تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة.

أي أن:

الطاقة الميكانيكية الابتدائية = الطاقة الميكانيكية النهائية

أو:

$$KE_1 + PE_1 = KE_2 + PE_2$$

أهمية قانون حفظ الطاقة

يستخدم في:

- دراسة حركة الأجسام.
- تصميم الآلات.
- محطات توليد الطاقة.
- دراسة المقذوفات.
- تحليل الأنظمة الميكانيكية.

القدرة(Power)

القدرة هي معدل إنجاز الشغل بالنسبة للزمن.

وتعطى بالعلاقة:

$$P = W/t$$

حيث:

P = القدرة(W)

W = الشغل

t = الزمن

وحدة القدرة هي الواط.(W)

ويعادل:

1 W = 1 J/s

مثال محلول(1)

أثرت قوة مقدارها 50 N في جسم وأزاحته مسافة 4 m في اتجاه القوة.

احسب الشغل المبذول.

الحل:

W = Fd

W = 50 × 4

W = 200 J

إذن الشغل المبذول يساوي:

200جول

مثال محلول(2)

جسم كتلته 2 kg يتحرك بسرعة 10.m/s

احسب طاقته الحركية.

الحل:

$KE = ½ mv^2$

$KE = ½ \times 2 \times 10^2$

KE = 100 J

إذن الطاقة الحركية تساوي:

100جول

مثال محلول(3)

جسم كتلته 5 kg على ارتفاع 8.m

احسب طاقة وضعه.

الحل:

$PE = mgh$

$PE = 5 \times 9.8 \times 8$

$PE = 392\ J$

إذن طاقة الوضع تساوي:

392جول

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالشغل؟
2. ما وحدة قياس الشغل؟
3. متى يكون الشغل صفراً؟
4. ما المقصود بالطاقة الحركية؟
5. ما المقصود بطاقة الوضع؟
6. اذكر نص قانون حفظ الطاقة.
7. ما المقصود بالقدرة؟
8. ما وحدة قياس القدرة؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

أثرت قوة مقدارها N 60 في جسم فأزاحته مسافة m 5 في اتجاه القوة.

احسب الشغل المبذول.

السؤال الثاني:

جسم كتلته 4 kg يتحرك بسرعة m/s.8

احسب طاقته الحركية.

السؤال الثالث:

جسم كتلته 3 kg على ارتفاع m.12

احسب طاقة وضعه.

السؤال الرابع:

إذا أنجز شغل مقداره 500 J خلال زمن مقداره 10.s

احسب القدرة.

السؤال الخامس:

اشرح الفرق بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع.

السؤال السادس:

اذكر ثلاثة تطبيقات عملية لقانون حفظ الطاقة.

السؤال السابع:

لماذا تزداد الطاقة الحركية بزيادة السرعة أكثر من زيادة الكتلة؟

المحاضرة الثالثة عشرة

الزخم الخطي والدفع والتصادمات ومركز الكتلة

يُعد الزخم الخطي من الكميات الفيزيائية المهمة في الميكانيك الكلاسيكي، إذ يُستخدم لوصف حركة الأجسام المتحركة ودراسة تأثير القوى عليها. وتظهر أهمية الزخم في تحليل التصادمات وحركة المركبات والصواريخ والأجسام المتحركة بصورة عامة.

الزخم الخطي(Linear Momentum)

يعرف الزخم الخطي بأنه حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

ويعطى بالعلاقة:

$$p = mv$$

حيث:

p = الزخم الخطي

m = كتلة الجسم(kg)

v = سرعة الجسم(m/s)

وحدة الزخم في النظام الدولي:

kg·m/s

وبما أن السرعة كمية متجهة فإن الزخم الخطي يعد كمية متجهة أيضاً.

خصائص الزخم الخطي

1. يعتمد على الكتلة والسرعة معاً.
2. يزداد بزيادة الكتلة.
3. يزداد بزيادة السرعة.
4. اتجاهه هو اتجاه حركة الجسم.

الدفع(Impulse)

الدفع هو تأثير القوة خلال فترة زمنية معينة.

ويعطى بالعلاقة:

$J = F\Delta t$

حيث:

J = الدفع

F = القوة المؤثرة

Δt = الزمن

وحدة الدفع:

N.s

ومن قانون نيوتن الثاني يمكن إثبات أن:

$J = \Delta p$

أي أن الدفع يساوي مقدار التغير في الزخم الخطي.

مبدأ حفظ الزخم الخطي

ينص قانون حفظ الزخم على أن:

"إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على نظام تساوي صفراً فإن الزخم الكلي للنظام يبقى ثابتاً".

أي أن:

الزخم قبل التصادم = الزخم بعد التصادم

ويعد هذا القانون من أهم القوانين المستخدمة في دراسة التصادمات.

التصادمات(Collisions)

التصادم هو تفاعل يحدث بين جسمين أو أكثر خلال فترة زمنية قصيرة، تؤثر خلالها الأجسام في بعضها بقوى كبيرة.

أولاً: التصادم المرن

في التصادم المرن:

- يحفظ الزخم الخطي.
- تحفظ الطاقة الحركية.

ومن أمثلته تصادم كرات البلياردو المثالية.

ثانياً: التصادم غير المرن

في التصادم غير المرن:

- يحفظ الزخم الخطي.
- لا تحفظ الطاقة الحركية.

حيث يتحول جزء من الطاقة إلى حرارة أو صوت أو تشوه.

التصادم غير المرن التام

في هذا النوع من التصادم يلتصق الجسمان بعد التصادم ويتحركان معاً بسرعة مشتركة.

مركز الكتلة(Center of Mass)

مركز الكتلة هو النقطة التي يمكن اعتبار كتلة الجسم أو النظام بأكمله مركزة فيها.

وتساعد دراسة مركز الكتلة في فهم حركة الأجسام المعقدة وحركة الأنظمة المكونة من عدة أجسام.

أهمية مركز الكتلة

يستخدم في:

- دراسة حركة الكواكب.
- تصميم الطائرات.
- تصميم السيارات.
- الهندسة الميكانيكية.
- الألعاب الرياضية.

تطبيقات الزخم الخطي

تظهر تطبيقات الزخم في:

- حركة الصواريخ.
- أنظمة الأمان في السيارات.
- الوسائد الهوائية.
- حركة الأسلحة والمقذوفات.
- الرياضات المختلفة.

مثال محلول(1)

جسم كتلته 5 kg يتحرك بسرعة 8.m/s

احسب الزخم الخطي.

الحل:

$p = mv$

$p = 5 \times 8$

$p = 40\ kg{\cdot}m/s$

إذن الزخم الخطي يساوي:

$40\ kg{\cdot}m/s$

مثال محلول(2)

أثرت قوة مقدارها 100 N لمدة 0.2 s على جسم.

احسب الدفع.

الحل:

$J = F\Delta t$

$J = 100 \times 0.2$

$J = 20\ N.s$

إذن الدفع يساوي:

20نيوتن.ثانية

مثال محلول(3)

تصادم جسم كتلته 2 kg يتحرك بسرعة 6 m/s مع جسم ساكن كتلته 4 kg والتصق الجسمان بعد التصادم.

احسب السرعة المشتركة بعد التصادم.

الحل:

من قانون حفظ الزخم:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)V$$

$$2 \times 6 + 4 \times 0 = (2 + 4)V$$

$$12 = 6V$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

إذن السرعة المشتركة بعد التصادم تساوي:

2 m/s

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالزخم الخطي؟
2. ما وحدة قياس الزخم؟
3. ما المقصود بالدفع؟
4. ما العلاقة بين الدفع والزخم؟
5. اذكر نص قانون حفظ الزخم.
6. ما الفرق بين التصادم المرن وغير المرن؟
7. ما المقصود بمركز الكتلة؟
8. اذكر بعض تطبيقات الزخم الخطي.

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

جسم كتلته 8 kg يتحرك بسرعة 12.m/s

احسب الزخم الخطي.

السؤال الثاني:

أثرت قوة مقدارها 150 N لمدة 0.4 s.

احسب الدفع.

السؤال الثالث:

تصادم جسم كتلته 3 kg يتحرك بسرعة 10 m/s مع جسم ساكن كتلته 2 kg والتصق الجسمان بعد التصادم.

احسب السرعة النهائية المشتركة.

السؤال الرابع:

اشرح الفرق بين التصادم المرن والتصادم غير المرن.

السؤال الخامس:

اذكر ثلاثة تطبيقات عملية لقانون حفظ الزخم.

السؤال السادس:

لماذا تستخدم الوسائد الهوائية في السيارات من وجهة نظر مفهوم الدفع والزخم؟

السؤال السابع:

اشرح مفهوم مركز الكتلة وأهميته في الهندسة والفيزياء.

السؤال الثامن:

إذا تضاعفت سرعة جسم مع ثبات كتلته، فكيف يتغير زخمه الخطي؟ وضح ذلك رياضياً.

المحاضرة الرابعة عشرة

الحركة الدورانية وعزم القوة وعزم القصور الذاتي والزخم الزاوي

تعد الحركة الدورانية من المواضيع المهمة في الميكانيك الكلاسيكي، إذ إن العديد من الأجسام في الطبيعة والصناعة تتحرك حركة دورانية مثل عجلات السيارات والمراوح والتروس والأقمار الصناعية. وتختلف الحركة الدورانية عن الحركة الخطية في أن الجسم يدور حول محور ثابت أو متحرك بدلاً من انتقاله على خط مستقيم.

الإزاحة الزاوية

كما أن الحركة الخطية توصف بالإزاحة، فإن الحركة الدورانية توصف بالإزاحة الزاوية.

يرمز للإزاحة الزاوية بالرمز:

θ

وتقاس بوحدة:

الراديان(rad)

ويعرف الراديان بأنه الزاوية التي يقابلها قوس طوله يساوي نصف قطر الدائرة.

السرعة الزاوية

السرعة الزاوية هي معدل تغير الإزاحة الزاوية بالنسبة للزمن.

وتعطى بالعلاقة:

$$\omega = \Delta\theta / \Delta t$$

حيث:

ω = السرعة الزاوية

$\Delta\theta$ = الإزاحة الزاوية

Δt = الزمن

وحدة السرعة الزاوية:

rad/s

التعجيل الزاوي

التعجيل الزاوي هو معدل تغير السرعة الزاوية بالنسبة للزمن.

ويعطى بالعلاقة:

$$\alpha = \Delta\omega / \Delta t$$

حيث:

α = التعجيل الزاوي

ω = السرعة الزاوية

وحدة التعجيل الزاوي:

rad/s^2

العلاقة بين الحركة الخطية والحركة الدورانية

هناك تشابه كبير بين الكميات الخطية والدورانية كما موضح في الجدول الآتي:

الحركة الخطية	**الحركة الدورانية**
الإزاحة(x)	الإزاحة الزاوية(θ)

الحركة الدورانية	الحركة الخطية
السرعة الزاوية(ω)	السرعة(v)
التعجيل الزاوي(α)	التعجيل(a)
عزم القصور الذاتي(I)	الكتلة(m)
عزم القوة(τ)	القوة(F)

عزم القوة(Torque)

عزم القوة هو المقدار الذي يسبب دوران الجسم حول محور معين.

ويرمز له بالرمز:

τ

ويحسب من العلاقة:

$$\tau = rF \sin\theta$$

حيث:

τ = عزم القوة

r = ذراع القوة

F = القوة المؤثرة

θ = الزاوية بين القوة وذراعها

وحدة عزم القوة:

N.m

كلما زاد ذراع القوة أو مقدار القوة ازداد العزم.

تطبيقات عزم القوة

- فتح الباب.
- استخدام المفتاح الإنجليزي.
- تشغيل الصواميل والبراغي.
- تدوير عجلات الآلات.

عزم القصور الذاتي

يعرف عزم القصور الذاتي بأنه مقاومة الجسم للتغير في حالته الدورانية.

ويمثل في الحركة الدورانية ما تمثله الكتلة في الحركة الخطية.

ويرمز له بالرمز:

I

ويعتمد على:

- كتلة الجسم.
- شكل الجسم.
- كيفية توزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران.

كلما ابتعدت الكتلة عن محور الدوران ازداد عزم القصور الذاتي.

الزخم الزاوي

الزخم الزاوي هو النظير الدوراني للزخم الخطي.

ويرمز له:

L

ويعطى بالعلاقة:

$$L = I\omega$$

حيث:

L = الزخم الزاوي

I = عزم القصور الذاتي

ω = السرعة الزاوية

قانون حفظ الزخم الزاوي

ينص قانون حفظ الزخم الزاوي على أن:

"إذا لم يؤثر عزم خارجي محصل على نظام ما فإن الزخم الزاوي لذلك النظام يبقى ثابتاً".

ويستخدم هذا القانون في تفسير العديد من الظواهر الطبيعية.

أمثلة على حفظ الزخم الزاوي

- دوران المتزلج على الجليد.
- حركة الكواكب حول الشمس.
- دوران الأرض حول محورها.
- الأقمار الصناعية.

الطاقة الحركية الدورانية

عندما يدور جسم حول محور فإنه يمتلك طاقة حركية دورانية.

وتحسب من العلاقة:

$KE = ½ I\omega^2$

حيث:

KE = الطاقة الحركية الدورانية

I = عزم القصور الذاتي

ω = السرعة الزاوية

أهمية دراسة الحركة الدورانية

تستخدم الحركة الدورانية في:

- تصميم المحركات.
- التوربينات.
- السيارات والطائرات.
- أنظمة نقل الحركة.
- الهندسة الميكانيكية.
- التطبيقات الفضائية.

مثال محلول(1)

أثرت قوة مقدارها N 20 على ذراع طوله m 0.5 بصورة عمودية.

احسب عزم القوة.

الحل:

$\tau = rF$

$\tau = 0.5 \times 20$

$\tau = 10\ N.m$

إذن عزم القوة يساوي:

10نيوتن.متر

مثال محلول(2)

إذا كان عزم القصور الذاتي لجسم يساوي:

$I = 4\ kg.m^2$

وسرعته الزاوية:

$\omega = 5$ rad/s

احسب الزخم الزاوي.

الحل:

$L = I\omega$

$L = 4 \times 5$

$L = 20$ kg.m²/s

إذن الزخم الزاوي يساوي:

20 kg.m²/s

مثال محلول(3)

جسم يدور بسرعة زاوية مقدارها 8 rad/s وعزم قصوره الذاتي 3.kg.m²

احسب الطاقة الحركية الدورانية.

الحل:

$KE = ½ I\omega^2$

$KE = ½ \times 3 \times 8^2$

$KE = 96$ J

إذن الطاقة الحركية الدورانية تساوي:

96جول

أسئلة المحاضرة

1. ما المقصود بالحركة الدورانية؟
2. ما الفرق بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية؟
3. ما المقصود بعزم القوة؟
4. ما العوامل المؤثرة في عزم القوة؟
5. ما المقصود بعزم القصور الذاتي؟
6. ما المقصود بالزخم الزاوي؟
7. اذكر نص قانون حفظ الزخم الزاوي.
8. ما أهمية الحركة الدورانية في التطبيقات الهندسية؟

الواجب الأسبوعي

السؤال الأول:

أثرت قوة مقدارها 30 N على ذراع طوله 0.4 m بصورة عمودية.

احسب عزم القوة.

السؤال الثاني:

جسم عزم قصوره الذاتي 5 $kg.m^2$ وسرعته الزاوية 6.rad/s

احسب الزخم الزاوي.

السؤال الثالث:

جسم يدور بسرعة زاوية 10 rad/s وعزم قصوره الذاتي 2.$kg.m^2$

احسب الطاقة الحركية الدورانية.

السؤال الرابع:

اشرح الفرق بين الكتلة وعزم القصور الذاتي.

السؤال الخامس:

اذكر ثلاثة تطبيقات عملية لعزم القوة في الحياة اليومية.

السؤال السادس:

اشرح قانون حفظ الزخم الزاوي مع ذكر مثال عملي.

السؤال السابع:

ما أوجه التشابه بين الحركة الخطية والحركة الدورانية؟

السؤال الثامن:

اذكر أهم التطبيقات الهندسية للحركة الدورانية في المحركات والآلات.