

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد الصديق بن يحي - جيجل
كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية
قسم علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

محاضرات في التحليل البيوميكانيكي للحركة

من إعداد الأستاذ/بولحليب

السنة الاولى ماستر: تحضير بدني رياضي
مبروك

الموسم الجامعي 2026/2025

محتوى المقياس :

الفصل الأول: مدخل الى علم البيوميكانيك

(تعريف البيوميكانيك ، أقسام البيوميكانيك ، علاقة البيوميكانيك بالعلوم الاخرى ، أهمية وأهداف البيوميكانيك ، واجبات ووظائف البيوميكانك ، التحليل الميكانيكي، الحركة وأنواعها)

الفصل الثاني : الحركات (الكينماتيك -cinématique)

(كينماتيك خطي : Cinématique linéaire، كينماتيك دائري:Cinématique angulaire)

الفصل الثالث: الكينيتيك (التحريك) Cinétique

(كينيتيك خطي : Cinétique linéaire ، كينيتيك دائري:Cinétique angulaire)

الفصل الرابع : الجاذبية الأرضية ومركز ثقل الجسم

(ماهية الجذب الارضي، مركز الثقل، طريقة تحديد مركز الثقل ، التوازن وانواعه)

الفصل الخامس: القذائف والسقوط الحر

(السقوط الحر ،القذائف العمودية ، القذائف الأفقية)

الفصل السادس: الروافع

(مفهوم الروافع ، انواع الروافع ، الروافع والعمل العضلي لجسم الإنسان ،مزايا طول ذراع الرافعة في الجسم البشري)

الفصل السابع: ميكانيكية السوائل

(الكثافة ، قابلية الضغط وقوى الطفو ، قوى الدفع المائية ، دافعة ارخميدس ، الاسس الميكانيكية وتطبيقاتها في رياضة السباحة)

الفصل الأول : مدخل لعلم البيوميكانيك :

مقدمة :

البيوميكانيك هو علم دراسة القوانين العامة للحركة والتأثير الميكانيكي المتبادل بين الأجسام ، فهو علم يبحث في حركة جسم الإنسان أو الحيوان أو بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على مستوى سطح الأرض أو في الماء أو الفضاء .

البيوميكانيك يختلف عن ميكانيك النقطة المادية أو الآلة التي تكون محكومة بقوانين ميكانيكية ثابتة فالبيوميكانيك يهتم بدراسة طبيعة حركة الإنسان فهو يطبق قوانين ميكانيكية ثابتة في بعض الأحيان وفي الجانب الاخر الكائن الحي أو الجسم البشري كائن عضوي تدخل في حركته كثير من الشروط البيولوجية تأثر تأثيرا مباشرا على الحركة وتتمثل في (الشروط التشريحية ، الشروط

الوظيفية، الشروط البدنية ، الشروط النفسية) حيث انه لا توجد قوانين ميكانيكية خاصة بالأجسام الحية و إنما هي نفسها القوانين الفيزيائية الميكانيكية التي تطبق على النقطة المادية أو الآلة .

إن التركيب المعقد للحركات ووظائف الأعضاء المتحركة تتطلب الملاحظة المضبوطة والدقيقة للخصائص التشريحية والفيزيولوجية لهذه الأعضاء لتسهيل عملية التحليل الحركي وبدون هذه العلوم لا يكون استخدام قوانين الميكانيك صحيحا .

1- تعريف البيوميكانيك: biomécanique

إن كلمة بيوميكانيك مكونة من قسمين (bio بيو) وتعني الحياة و (mécanique ميكانيك) من أصل إغريقي وتعني دراسة تأثير القوى على الأجسام خلال الحركة والسكون النسبي، فهو العلم الذي يبحث في حركات الإنسان والحيوان من وجهة نظر القوانين الميكانيكية التي تخضع لها جميع الحركات الميكانيكية للأجسام المتماسكة سواء أجسام كبيرة أو متناهية في الصغر بدون استثناء .

تعريف هوخموث HOCHMUTH :

علم تطبيق القوانين والمبادئ الميكانيكية على سير الحركات الرياضية تحت شروط بيولوجية معينة والمقصود بالشروط البيولوجية هي (تشريحية ، وظيفية،بدنية، نفسية)

تعريف ميلر ونيلسون miller et nelson:

هو العلم الذي يبحث تأثير القوى الداخلية والخارجية على الأجسام الحية و ظهرت تعاريف مختلفة عن ماهية البيوميكانيك منها:

-دراسة الحركة الرياضية وبالتالي الوصول بالأداء إلى الأفضل من خلال إيجاد التكتيك والتقنية الأمثل .

-علم دراسة القوانين العامة للحركة الميكانيكية والتأثير الميكانيكي المتبادل على الأجسام الحية - هو العلم الذي يدرس القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على جسم الإنسان والآثار الناتجة عن هذه القوى

-يعني تطبيق القوانين والمعلومات الميكانيكية على سير الحركات الرياضية تحت شروط بيولوجية معينة (تشريحية،فيزيولوجية ، نفسية) لأجهزة جسم الإنسان فهو يبحث المشاكل (الميكانيكية البيولوجية) للحركات الرياضية .

- علم يستعين بالقوانين والمبادئ الفيزيائية التي تختص بأفعال القوى في ضوء الخصائص التشريحية والوظيفية للأجسام الحية

- هو العلم الذي يدرس الأنظمة الحركية الحية في الطبيعة

- هو العلم الذي يهتم بحركة الإنسان وتحليلها تحليلًا نوعيًا وكميًا لزيادة كفاءة الحركة الإنسانية

2- اقسام البيوميكانيك :

ينقسم علم البيوميكانيك إلى قسمين أساسيين هما:

أ- حالة الثبات STATIQUE: يهتم بالأنظمة التي تكون ثابتة الحركة أي بمعنى أنها تعني الأجسام ذات الحالة الثابتة أو السرعة الثابتة

ب- حالة الحركة DYNAMIQUE: يهتم بدراسة الأجسام المتحركة بتسارع متزايد أو متناقص وينقسم الديناميك إلى فرعين هما:

أ- الكينماتيك (cénimatique) الحركات: هو العلم الذي يهتم بدراسة مظاهر الحركة

دون التعرض للقوى المسببة لها مثل المسافة، السرعة ، التسارع بالنسبة للزمن وكذا

الزوايا ومسار الحركة(الشكل الهندسي) وهو ينقسم إلى فرعين :

-كينماتيك خطي : Cinématique linéaire

كينماتيك دائري: Cinématique angulaire

ب- الكينيتيك (التحريك) Cinétique

هو العلم الذي يهتم بدراسة مظاهر الحركة وعلاقاتها بالقوى المسببة لها ، أي دراسة اسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء كانت داخلية أو خارجية وينقسم بدوره الى قسمين :

- كينيتيك خطي : Cinétique linéaire (تحريك مستقيم: نستعمل قوانين نيوتن)

كينيتيك دائري: Cinématique angulaire (تحريك دوراني : نستعمل قوانين العزوم)

3- أهمية دراسة البيوميكانيك وعلم الحركة :

إن الهدف الأساسي للبيوميكانيك هو البحث في تطبيق القوانين على الأجسام الحية لانجاز الأداء بكفاءة وفعالية وإيجاد التكتيك والتقنية الأمثل للوصول إلى أحسن النتائج الرياضية من خلال معرفة قوانين الحركة حتى يتمكن كل من المدرب الرياضي ومدرس التربية البدنية والرياضية من تقدير النتائج وكذلك تسهيل عملية الكشف عن الأخطاء في المسار الحركي وضبط فعالية الحركة بصورة صحيحة وإيجاد أفضل الطرق التي توافق النتائج النهائية مع المسار الحركي والهدف المقصود بأفضل صورة ممكنة للحركة.

- كما يهدف إلى تحليل جميع الحركات الرياضية لفهم التقنيات ويساعد المدرس والمدرسين على القيام بعملهم بكفاءة ويساعد اللاعبين أو العدائين على تنفيذ حركاتهم بتقنية صحيحة .

من خلال المفهوم الشامل لعلم الحركة يجب على كل من المدرب الرياضي ومدرس التربية البدنية والرياضية أن يستفيدوا ويتعمقوا في دراسة حركة الجسم البشري من وجهات نظر متعددة فإلى جانب العمق الفيزيولوجي والتشريحي والميكانيكي الذي يتميز به علم الحركة هناك الجوانب الفلسفية والنفسية والاجتماعية التي تؤثر كذلك على علم الحركة .

4- علاقة البيوميكانيك بالعلوم الأخرى:

إن الأرقام القياسية والمستويات العالية في الأداء الرياضي والتي وصلت إلى درجة متقدمة جاءت نتيجة لدراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها ومكانها والقوى المسببة في حدوثها والتأثير على مسارها الحركي ، حيث نجد إن البيوميكانيك يعتمد على :

علم التشريح :

بصفته علما يهتم ببناء جسم الإنسان وتكوينه (عظام، مفاصل ، عضلات، أنسجة ، أوتار) واعتماد العمل العضلي في الجسم على نظام الروافع في حركاته المختلفة فلا بد من معرفة مدغم العضلة كنقطة لتأثير القوة أو المدى الحركي للمفاصل وأنواعها وحركاتها مثل حركة الساق والقدم عند الثني أو المد في حركات مداعبة الكرة وتأثير الثني فيهما على حركات مفصل الورك كمحور للحركة يتميز بأنه من المفاصل ذات ثلاث محاور أي تسمح حركته بالثني والمد والمد الزائد فضلا عن التقريب والتباعد وحركات التدوير ، لذا فإن الجهاز الحركي هو المعني بشؤون حركة أجزاء الجسم بمختلف أنواعه ، وإن جسم الإنسان يحكمه تكوينه وتركيبه من الناحية التشريحية ، لذا نجد أن دراسة الحركات المسموحة لكل مفصل طبقا لطبيعته من الأمور المهمة الواجب فهمها فهما عميقا .

الفيسيولوجية :

هو علم يهتم بدراسة وظائف جسم الإنسان وأنسجته لان جسم الإنسان يعمل كوحدة واحدة متكاملة ، أي أن هناك علاقة عمل بين الجهازين العصبي المركزي والعضلي وتطور علم البيوميكانيك يهتم بتطور النظريات المختلفة لفيزيولوجية الجهاز العصبي العضلي الرياضي والفيزياء :

من خلالهما يمكن إيجاد الحلول الكثيرة المتعلقة بقياس جسم الإنسان والدقة في وضع النتائج بإيجاد العلاقة والأسباب التي تؤدي إلى حدوث الحركة من خلال قوانين الإزاحة و الحركات والتحريك والتوازن والثبات والمقدوفات والاحتكاك والجذب الأرضي والسقوط الحر وعلم الموائع التي جميعها اهتمت بدراسة النقاط المادية لجسم الإنسان قد ساهمت في الحصول على نتائج ذات موضوعية مما أدى إلى تقدم علم البيوميكانيك وتطوره

علم النفس: حيث نجد إن العلماء السيكلوجيين دأبوا في دراسة حركة الإنسان لأنها صور مختلفة عن سلوكه الذي يعبر بطريقة غير مباشرة عن نفسية الكائن الحي وجميع المعلومات التي يحصل عليها من تفسيرات للتركيب السيكلوجي في عملية التعلم، هي نتيجة ملاحظة حركة الإنسان في المواقف التعليمية المختلفة .

ومن هنا نصل إلى :

-إن أي حركة رياضية مهما كانت دقتها لها متطلبات بيولوجية وتشريحية وفيزيولوجية بدون تمازجها لا تؤدي الغرض الأساسي وهو الحركة الكاملة

- كل حركة رياضية تعتبر أساس إنتاج العمليات السيكلوجية المرئية .

- إن أي حركة هي نتاج استعمال الإنسان للقوانين الميكانيكية المختلفة .

- إن مصدر أي حركة (تحريك العضلات) ناتجة عن الجهاز العصبي المركزي عن طريق الأعصاب .

5- واجبات لبيوميكانيك (الوظائف)

إن الواجبات العامة للبيوميكانيك تنحصر فيمايلي :

- التحليل
- التوضيح
- التعليل
- تحسين وتطوير التقنية
- اما الواجبات الخاصة هي:
- يبحث على قوانين الحركة وشروطها
- جمع المعلومات المتعددة حول قوانين التقنية كزوايا الارتكاز والطيران
- البحث على التقنية الجيدة لمختلف الأنشطة
- تطوير طرق غير معقدة واكتشاف طرق جديدة للحركات الرياضية
- تحليل التمارين الخاصة في التدريب مثل تدريب الوثب العالي بوزن إضافي أو الرمي بوزن أثقل
- تحليل التمارين التحضيرية التي تستعمل لتعلم التقنية المعقدة (تقسيم التقنية إلى عدة أجزاء)

6- التحليل الميكانيكي:

إن التحليل الميكانيكي لحركة الإنسان هو احد طرق البحث في مجال البيوميكانيك ويبحث في تأثير القوى الداخلية والخارجية على النظام الحركي ، يفهم من التحليل على انه دراسة أجزاء الحركة ومعرفة تأثير المتغيرات الوصفية والمسببة للارتقاء بمستوى أداء الحركة الذي يحقق الهدف منها ، أو هو عملية تجزئة الكل إلى أجزاء لكي تتم دراسة طبيعة تلك الأجزاء والعلاقة بينها من خلال معرفة دقائق مسار الحركة ومدى العلاقة بين المتغيرات التي تؤثر

في ذلك المسار أي تحويل الظواهر المدروسة إلى أرقام ودرجات وينقسم التحليل الميكانيكي إلى قسمين :

- التحليل الكينماتيكي (الظاهري)
 - التحليل الكينيتيكي (السببي)
 - وينقسم التحليل الكينماتيكي إلى نوعين :
 - التحليل الكمي
 - التحليل الكيفي
 - والتحليل الميكانيكي يتم وفق الخطوات التالية :
 - تسجيل الحركة تسجيلًا كاملاً (بعد تحديد الأهداف)
 - إعادة عرضها للوقوف على نقاط الضعف
 - ربط المتغيرات المقاسة ومعالجتها إحصائياً
 - إلغاء الجانب الذاتي في التقويم
 - تفسير النتائج بالأدلة والبراهين
 - مقارنة الأداء المسجل مع ما تم تطويره كيفياً
 - يمكن رسم الصور وقياس زوايا الأجزاء وسرعتها
- 7- الحركة**

7-1- المبادئ الميكانيكية للحركة الرياضية :

إن الحركة من وجهة نظر الميكانيك تتم عندما يغير الجسم مكانه خلال فترة زمنية ويتم بقياس المسافة والزمن وما ينتج عنهما من سرعة وتسارع اللذان يمكن قياسهما ، والحركة تعني محاولة التغلب على القصور الذاتي من خلال قوة ذاتية (داخلية) وقوة خارجية لينتقل الجسم من مكان إلى آخر ، أو جزء منه بسرعة معينة ، فدوران الجسم حول الورك يتم باستخدام سرعة ما تحدث نتيجة لانقباض مجموعة عضلية تتغلب على مقاومات مختلفة تنتج عنها حركة الجسم حول الورك حركة دائرية ، أو حركة الجري تأتي من ناتج القوة العضلية التي يتغلب فيها على مقاومات مختلفة خلال فترة زمنية لمسافة معينة وكلما زادت القوة الناتجة أمكن التغلب على القصور الذاتي (السكون) لذا فهي الوسيلة الوحيدة لانجاز النشاط الحركي ، مما تقدم نجد أن الحركة تتم وفق نظام حسابي محدد يمكن قياسه ومعرفته من أربع كميات ميكانيكية هي:

- الزمن : وهو الفترة التي يستغرقها الجسم في حركته ، وهي كمية قياسية قابلة للقياس

- الفراغ (الفضاء) : هو الحجم المشغول من قبل الجسم في حركته

- المادة : هي كل شئ يشغل حيزاً في الفراغ

- المسافة: هي البعد الذي يقطعه أثناء الحركة

7-2- نسبية الحركة :

تستعمل كلمة الحركة في كثير من مفردات حياتنا اليومية فنقول أن الجسم في حالة حركة عند انتقاله من مكان إلى آخر باتجاه معين ولكي ندرك حدوث الحركة لابد من الإشارة إلى نظام معين ثابت يمكن من خلاله مقارنة وضع الجسم الجديد مع وضعه القديم ، يؤدي الانتقال من نقطة إلى أخرى في فترة زمنية معينة محددة لكن لا يمكن التأكد من أن هذا الجسم في حالة حركة فعلاً إلا إذا ما تمت مقارنته بنقطة ثابتة أو جسم ثابت أو مرجع معين وفق نظام نسبي ثابت .

3-7- النظام الاحداثي:

إن مفهوم النظام الاحداثي هو تعيين مجموعة من الثوابت يتحدد على أساسها مقدار حركة الجسم ، هذه الثوابت عبارة عن الإحداثية الأفقية (x) والإحداثية العمودية (y) ونقطة تلاقي هاتين الإحداثيتين هو مركز ومنشأ الحركة أو النظام النسبي الثابت الذي تعزى إليه الحركة أما إذا كانت الحركة في الفضاء (الفراغ) نستعمل ثلاث إحداثيات (x, y, z) ثلاثي الأبعاد.

4-7- المستويات التشريرية للحركة :

تقسم المستويات الكارتيزية الجسم إلى ثلاثة أبعاد والمستوي عبارة عن بعدين تحدهما ثلاث نقاط لا تلتقي على استقامة واحدة ، أي يمكن القول بأن المستوي عبارة عن السطح الذي يعرف من الناحية الهندسية بالمستوى الفراغي المنتظم ، وقد تنسب حركة الجسم لثلاثة مستويات أو أسطح فراغية متعامدة تلتقي في مركز ثقل الجسم وهي:

* **المستوى السهمي :** هو الذي يقسم الجسم إلى نصفين متساويين متطابقين أحدهما أيمن والآخر أيسر

* **المستوى الأمامي :** هو الذي يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أحدهما أمامي والآخر خلفي

* **المستوى العرضي :** هو الذي يقسم الجسم إلى نصفين متساويين علوي وسفلي

5-7- المحاور التشريرية للحركة :

تتعاد المستويات الثلاث عند التقائها مع بعضها ، وينشأ عن التقاء مستويين خط وهمي يسمى المحور ، والمحور إما أن يكون نقطة أو خطا ثابتا تتم حوله الحركة الدورانية ، وتعتبر حركات الجسم البشري حركات دورانية حول محاور المفاصل وعند التقاء المستويات يعني وجود ثلاث محاور هي:

- المحور الذي يدور حوله الجسم باتجاه أحد الجانبين
- المحور الذي يدور حوله الجسم يمينا ويسارا
- المحور الذي يدور حوله الجسم أماما وخلفا

6-7- أنواع الحركات:

- إن الحركات التي يقوم بها الجسم تختلف من موقع لآخر ومن هدف لآخر ، ولدراسة هذا الجانب من الناحية الكينماتيكية (الحركات cinématique) بوصف الحركة من حيث أشكالها الهندسية وتوقيتها الزمني وتقسم الحركة هندسيا إلى ثلاثة أنواع هي: (الحركة الانتقالية، الحركة الدائرية ، الحركة المركبة)

● الحركة الانتقالية:

تحدث الحركة عندما ينتقل جسم من مكان إلى آخر أو أجزاء الجسم من وضع إلى آخر بحيث ترسم خطوط أو مسارات متوازية في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة وتقطع مسافات متساوية أثناء حدوثها كالترحلق على الجليد أو المشي والعدو أو ركوب الدراجة (يمكن أن تكون حركة انتقالية مستقيمة أو حركة منحنية)

● الحركة الدائرية :

هي الحركة التي تكون مساهها دائري مثل سباقات المضمار (الجزء الدائري) أو تحدث في بعض الحركات الرياضية حيث أن مسارات أجزاء الجسم عبارة عن دوائر تبعد بمقدار ثابت

حول محور الدوران أثناء الحركة وقد يكون المحور داخل الجسم أو خارجه مثل حركة ثني المرفق فإنها تتم حول محور مفصل المرفق وفي الدرجة الأمامية يكون المحور خارج الجسم وعند دوران لاعب المطرقة فإن أجزاء الجسم ترسم دوائر متحدة المركز وتختلف أقطارها باختلاف بعد الجزء على محور الدوران

● الحركة المركبة:

تتكون من مزيج من الحركتين السابقتين أي الحركة الانتقالية والحركة الدائرية في الوقت نفسه فقد يدور الجسم بكامله حركة دائرية حول نفسه وينتقل بحركة انتقالية عند التنقل من مكان إلى آخر مثل ركوب الدراجة الهوائية فإن حركة الأرجل تكون دائرية تؤدي إلى انتقال الراكب والدراجة إلى الأمام بحركة انتقالية وتقسّم الحركة من حيث الزمن إلى ثلاث أنواع :

● الحركات المنتظمة :

هي الحركة التي تكون سرعتها ثابتة ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية ومعادلة فاصلتها تكون دالة زمنية من الدرجة الأولى وتسارعها معدوم (مستقيمة أو دائرية) الحركات المتغيرة بانتظام :

هي الحركة التي تكون سرعتها غير ثابتة وتتغير بالزيادة أو النقصان بمقادير متساوية ومنتظمة وتسارعها ثابت ايجابي أو سلبي أي فاصلتها دالة زمنية من الدرجة الثانية وسرعتها دالة زمنية من الدرجة الأولى وتسارعها ثابت وهي نوعان :

- حركة متسارعة بانتظام (مستقيمة أو دائرية)

- حركة متباطئة بانتظام (مستقيمة أو دائرية)

● حركات غير منتظمة :

هي الحركات التي يكون تسارعها غير ثابت وسرعتها تتغير بمقادير غير متساوية وغير منتظمة سواء بالزيادة أو النقصان وهنا نلجأ إلى حساب السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط وتنطبق على أغلب الأنشطة الرياضية ونجد هذا النوع هو الأكثر انتشارا في مختلف الرياضات الفردية والجماعية كالسباقات الطويلة والمراطون وكذا جري اللاعب في الرياضات الجماعية

الفصل الثاني : الحركات (الكينماتيك -cinématique)

(كينماتيك خطي : Cinématique linéaire، كينماتيك دائري: Cinématique angulaire)

الكينماتيك هو احد أقسام البيوميكانيك يتطرق إلى دراسة الشكل الخارجي والهندسي (المسار) وتغيراته ، أو بتعبير آخر يهتم بدراسة الوصف الخارجي للحركة دون التطرق إلى مسببات الحركة ويطلق عليه في بعض المصادر (البيوكينماتيك) أي الوصف الهندسي لحركة الكائن الحي في المكان وتحديد الزمان الذي يستغرقه دون التطرق الى القوة للوصول الى النموذج الحركي المطلوب.

1- الكينماتيك الخطي (المستقيم) Cinématique linéaire :

1-1-المسافة والإزاحة : المسافة نعني بها عدد الامتار المقطوعة بين نقطتين (فهي قيمة كمية قياسية) أما إذا كانت هذه الكمية متجهة (لها مقدار واتجاه) تسمى الإزاحة

مثال: عند انطلاق السباح من مكعب البداية باتجاه خط النهاية ثم العودة إلى نقطة البداية نفسها فان السباح يكون قد قطع مسافة محددة و إزاحة مقدارها صفر

- العداء في سباق 400م فان العداء يقطع من نقطة البداية مسافة 400 م ثم يعود إلى نقطة البداية نفسها قاطعا إزاحة مقدارها صفر
- اما اذا تحرك العداء على خط دائري (منحني) وخط مستقيم لقطع مسافة 200م فان المسافة المقطوعة هي عدد الأمتار بين نقطتي البداية والنهاية أما الإزاحة هنا فتقاس بالخط المستقيم الواصل بين نقطتي البداية والنهاية وباتجاه واحد.

1-2- الكميات القياسية والمتجهة :

1-2-1- الكميات القياسية: هي تلك الكميات أو المتغيرات التي يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط كدرجة الحرارة ، الكتلة ، المسافة، الزمن، الطول، هي كميات تقاس بالأجهزة تعطينا قيم عددية دقيقة دون اتجاه

1-2-2- الكميات المتجهة : هي تلك الكميات الميكانيكية التي يذكر مقدارها واتجاهها أيضا ، فالقوة كمية ميكانيكية تحدد قيمتها واتجاهها، يحدد الاتجاه من خلال سهم يشير إلى اتجاه القوة إلى الأسفل أو الأعلى أو اليمين أو اليسار F

تطبيق 1:

أحسب السرعة المكافئة للسباح والتيار المائي، بحيث سرعة السباح: $V=2\text{m/s}$ وسرعة التيار المائي هي: $V=1\text{m/s}$

الحالات التالية:

- إذا كانت سرعة السباح وسرعة التيار المائي في نفس الاتجاه
- إذا كانت سرعة السباح وسرعة التيار المائي في اتجاهين متعاكسين
- إذا كانت سرعة السباح متعامدة على سرعة التيار المائي
- إذا كانت الزاوية المحصورة بين حاصلي سرعة السباح وسرعة التيار المائي هي 45°

تطبيق 2:

احسب السرعة المكافئة لسرعة العداء وسرعة الرياح، بحيث سرعة العداء: $V=8\text{m/s}$ وسرعة الرياح هي: $V=2\text{m/s}$ في الحالات التالية:

- إذا كانت سرعة العداء وسرعة الرياح في نفس الاتجاه

- إذا كانت سرعة العداء وسرعة الرياح في اتجاهين متعاكسين
- إذا كانت سرعة العداء متعامدة على سرعة الرياح
- إذا كانت الزاوية المحصورة بين حامي سرعة العداء وسرعة الرياح 45°

1-3- المعادلات الخطية للمسافة والسرعة والتسارع:

1-3-1- في حالة حركة مستقيمة منتظمة:

- **معادلة المسافة :** المسافة نعني بها عدد الأمتار المقطوعة بين نقطتين خلال زمن معين. أما الفاصلة هي المسافة المقطوعة خلال لحظة واحدة ومعادلة المسافة عند لحظة معينة هي:

$$x = vt + x_0$$

x : قيمة المسافة المقطوعة (الفاصلة النهائية)

x_0 : الفاصلة الابتدائية

v : قيمة السرعة وهي مقدار ثابت

T : الزمن المستغرق خلال قطع هذه المسافة

- **معادلة السرعة :** تعد أبسط أنواع السرعة وتعرف بأنها السرعة ذات الاتجاه الثابت والتي يقطع فيها الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية في حالة حركة مستقيمة منتظمة السرعة مقدار ثابت ومعادلتها:

$$v = cte \text{ ثابت}$$

معادلة التسارع: في حالة حركة مستقيمة منتظمة التسارع معدوم. $a = 0$

1-3-2- في حالة حركة مستقيمة متغيرة بانتظام:

- **معادلة المسافة:** تعطى معادلة المسافة بالعلاقة التالية :

$$x = \frac{1}{2}at^2 + vt + x_0$$

x : قيمة المسافة المقطوعة (الفاصلة النهائية)

a : قيمة التسارع

x_0 : الفاصلة الابتدائية

v_0 : قيمة السرعة الابتدائية

T : الزمن المستغرق خلال قطع هذه المسافة

- **معادلة السرعة :** في حالة حركة مستقيمة متغيرة بانتظام فإن سرعة الجسم غير ثابتة وتتغير بمقادير متساوية ومنتظمة ومعادلة السرعة كمايلي:

$$v = at + v_0$$

- **معادلة التسارع:** في حالة حركة مستقيمة متغيرة بانتظام التسارع مقدار ثابت ومعادلته:

(ثابت) $a=cte$

والحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام تأخذ شكلين هما :

- حركة مستقيمة متسارعة بانتظام: أي أن سرعة الجسم غير ثابتة وتتغير بمقادير متساوية وموجبة $v_{Xa} > 0$

- Tapez une équation ici. حركة مستقيمة متباطئة بانتظام أي أن سرعة الجسم غير ثابتة وتتغير بمقادير متساوية سالبة $v_{Xa} < 0$

1-3-3 الحركة المستقيمة غير المنتظمة:

أي أن سرعة الجسم ليست ثابتة وتتغير بمقادير غير متساوية ، السرعة تزداد بمقادير غير ثابتة وتنطبق على اغلب الأنشطة الرياضية المختلفة وفي هذه الحالة نحسب السرعة المتوسطة التي تعطى بالعلاقة التالية (التغير في المسافة على التغير في الزمن)

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

تطبيق 1: إذا قطع عداء في العاب القوى مسافة 23 كيلو متر في 1 سا و 15 دقيقة ماهي السرعة المتوسطة لهذه المسافة

تطبيق 2: في سباق 100م وعلى طورين ، حيث في الطور الأول ولمسافة 25 م انطلق العداء بحركة متسارعة بانتظام وفي الطور الثاني بحركة منتظمة وبسرعة ثابتة قيمتها $v=10m/s$

1- أحسب تسارع الطور الأول وزمنه

2- أحسب زمن الطور الثاني

الفصل الثالث: الكينيتيك (التحريك) Cinétique

إذا كانت الحركات تدرس حركة الأجسام وعلاقتها بالزمن دون التعرض إلى أسباب الحركة فإن التحريك علم يدرس الحركات بمسبباتها وهي القوة والطاقة

1- القوة : هي الفعل الميكانيكي الذي يغير حالة الجسم أو يحاول أو يغير من حالته وللقوة تأثيرين هما :

أ-تأثير ديناميكي: مثل تأثير القوة في حالة حدوث حركة دفع الأرض عند القفز عموديا أثناء الصد في الكرة الطائرة ، أو تحريك جزء من أجزاء الجسم لأداء حركة معينة كقفز كرة القدم.

ب-تأثير ستاتيكي : يحدث هذا النوع عندما يستخدم قوة للتغلب على مقاومة كبيرة جدا بحيث لا تتمكن القوة من التغلب على القصور الذاتي (التوازن) للجسم كدفع الحائط مثلا أو الوقوف على الرأس أو اليدين في الجمباز

2- القانون الأول لنيوتن: (مبدأ العطالة)

ينص على أن: " كل جسم يبقى على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته "

يدخل هذا القانون خاصية تدعى العطالة " العطالة تمثل المقاومة التي تبديها الجملة لكل تغير في حالتها الحركية "

والعلاقة الرياضية هي : مجموع القوى الخارجية تساوي صفر

3- القانون الثاني لنيوتن: (المبدأ الأساسي للتحريك)

إذا أثرت قوة على جسم متحرك فان هذه القوة تغير من سرعة الجسم بالزيادة أو النقصان ويكون التغيير مناسباً مع مقدار القوة التي تسبب هذا التغيير كما تتناسب عكساً مع كتلة الجسم .

نص القانون الثاني لنيوتن: في معلم غاليلي " المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة على جملة مادية يساوي في كل لحظة جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها "

ملاحظة : علاقة القوة بالكتلة والتسارع

- إذا بقيت الكتلة ثابتة وتغيرت القوة نلاحظ أن التسارع يتناسب طردياً مع القوة

- وإذا بقيت القوة ثابتة وتغيرت الكتلة نجد أن التسارع يتناسب عكسياً مع الكتلة

4- القانون الثالث لنيوتن:

لكل فعل رد فعل مساوي في المقدار ومعاكس في الاتجاه أي إذا أثرت جملة A على B فان B تؤثر على الجملة A بقوة تساويها في الشدة ولها نفس الحامل وتعاكسها في الاتجاه

تطبيق 1: لاعب مختص في الجمناز وعند إجراء تمرين من تمارين الثبات (الوقوف والامتداد العمودي على الرأس فوق البساط) إذا علمت أن وزن اللاعب 70kg و الجاذبية $g=10\text{m/s}^2$

1- حدد القوى المؤثرة على اللاعب ومثلها بيانياً

2- أحسب قوة رد فعل السطح الأرضي (البساط)

تطبيق 02 : رياضي مختص في تسلق الجبال ومن أجل الوقاية ربط جسمه بحبل شاقولي غير قابل للامتداد ومهملة الكتلة ، إذا علمت أنه في حالة ثبات وقوة توتر الخيط $f=600\text{N}$ والجاذبية $g=10\text{m/s}^2$

تطبيق 03:

سقط مظلي كتلته $M=60\text{ kg}$ مع مظلته ذات الكتلة $m=5\text{kg}$ بسرعة ثابتة $v=6\text{m/s}$ (نهملة القوة المطبقة من طرف الهواء على المظلي) الجاذبية 10M/S

1- احسب القوة المطبقة على المظلي من طرف مظلته

2- احسب القوة المطبقة من طرف الهواء على المظلة

تطبيق 04:

متزحلق كتلته $M=80\text{Kg}$ ينطلق بدون سرعة ابتدائية V_0 من النقطة A إلى النقطة B لمسافة 500M على المحور XX وفق خط مستقيم لمستوى جليدي مائل بزاوية $\alpha=45^\circ$ و بإهمال كل الاحتكاكات ونأخذ الجاذبية ($g=10\text{m/s}^2$)

1- ادرس مركز عطالة جسم المتزحلق وحدد طبيعة الحركة

2- احسب قيمة التسارع

3- احسب قوة رد فعل المنحدر الجليدي على المتزحلق

- 4- احسب السرعة التي يصل بها إلى النقطة B
- 5- عند مواصلة المتزحلق تزلجه من النقطة B إلى النقطة C وفق مستوي ثلجي مائل بزاوية 15° بسرعة ثابتة وبفرض وجود قوة احتكاك الثلج معاكسة لجهة الحركة وإهمال قوة احتكاك الهواء
- أ- احسب قيمة قوة احتكاك الثلج مع المتزحلق
- ب - مثل جميع القوى على الرسم

الفصل الرابع : الجاذبية الأرضية ومركز ثقل الجسم

(ماهية الجذب الأرضي، مركز الثقل، طريقة تحديد مركز الثقل ، التوازن وانواعه)

1- مفهوم الجذب الأرضي: تعني علميا مقدار جذب كافة الجزيئات المكونة لجسم ما لجزيئات جسم آخر

حيث ان هذه القوة تعتبر قوة من نوع آخر ومن نوع خاص تختلف عن غيرها من أشكال القوى الخارجية الأخرى إذ أنها قوة ذات تأثير وعمل ثابت على كافة الأجسام الموجودة على سطح الأرض سواء أكانت هذه الأجسام ثابتة أم متحركة طوال ما كان وجودها داخل نطاق هذه الجاذبية

2- تعريف مركز الثقل: هي النقطة التي يمكن أن يتمركز حولها وزن الجسم، ولقد تم وصف مركز الثقل بأنه النقطة التي يمكن أن يتمركز حولها وزن الجسم

- أما في جسم الإنسان الذي يتكون من أجزاء عديدة (الرأس ، الرقبة الجذع، الأطراف العليا والسفلى)
- وأنها تختلف فيما بينها من حيث أوزانها التي تشكل الوزن النهائي للجسم، كما نجد أن موضع مركز الثقل يتغير بتقدم السن أي بتغير المقاييس الجسمية
- 3- **طريقة تحديد مركز الثقل:** من أجل تحليل دقيق للحركات الرياضية ، كالقفز على الحصان أو أثناء الوقوف المتوازن أو أثناء الطيران في القفز الطويل ، كان من الضروري معرفة مسار حركة مركز ثقل الجسم كنقطة معبرة عن حركة أجزاء الجسم أو أطرافه كلها ولمعرفة ذلك توجد طرق عديدة متنوعة ونفرق بين نوعين من الأجسام الصلبة:
- جسم منتظم الشكل
- جسم غير منتظم الشكل

أجسام منتظم الشكل: في الجسم المنتظم نجد أن مركز الثقل يتمركز في وسطها أي في مكان تقاطع الخطوط جميعها يكون مركز الثقل.

ب-جسم غير منتظم الشكل: أما في الأجسام غير المنتظمة فان تحديد مركز الثقل يتم من خلال تعليق ذلك الجسم من عدة نقاط ولعدد من المرات ، وتؤشر نقطة اتزانها بالخط الرأسى النازل من تلك النقطة باتجاه الجذب الأرضي ، نقطة تقاطع هذه الخطوط تمثل مركز الثقل.

مما تقدم يظهر أن توازن الأجسام يتم من خلال:

- محصلة القوى المؤثرة عندما تساوي صفر ، أي لا تكون هناك قوة محصلة تعطي للجسم حركة خطية في أي اتجاه
- محصلة العزم المزدوج يكون أحدهما مع عقرب الساعة والثاني عكس عقرب الساعة وبالتالي يساوي الصفر
- 4- **تعيين مراكز ثقل أعضاء الجسم المختلفة على الصورة :** يتم هذا بقياس المسافة بين كل مفصلين لأعضاء الجسم المختلفة على الصورة ، نضرب المسافة في رقم الوزن النسبي الموضح في الجدول

جدول يوضح أسماء الأجزاء والوزن	
الوزن (%)	عضو الجسم
7%	الرأس
43%	الجدع
12%	الفخذ
5%	الساق
2%	القدم
3%	العضد
2%	الساعد
1%	الكف

- 5- **التوازن:** إن التوازن يتم عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي الصفر وكل جسم ساكن يكون متوازناً في القوى المؤثرة وتسارعه يساوي الصفر وأن محصلة عزوم القوى المؤثرة على الجسم حول محور ما تساوي صفر ، وللتوازن في المجال الرياضي أهمية كبيرة لحصوله على أفضل النتائج الرياضية خاصة في الجمباز عند التعلق بالحلقات أو العقلة
- 6- **أنواع التوازن:** فقد اتفقت المصادر العلمية على ثلاثة أنواع هي:
- أ- التوازن غير الثابت: هو ذلك النوع الذي يقع فيه مركز ثقل الجسم فوق نقطة الارتكاز مثل الوقوف على الساعد والوقوف على الذراعين في الجمباز
 - ب- التوازن الثابت: عندما يكون مركز الثقل تحت نقطة الاستناد يتحرك الجسم باتجاه تأثير القوة ولكن الجسم لا يلبث أن يعود إلى وضعه الأصلي فلاعب العقلة عندما يكون مركز ثقله أسفل العقلة وعند التأثير عليه بقوة سواء داخلية أو خارجية بأي اتجاه فلا يلبث أن يعود إلى وضعه بعد استنفاد القوة المحركة له مثل الحركة البندولية على العقلة
 - ت- التوازن المستمر: عندما يكون مركز الثقل ضمن نقطة الاستناد فان الجسم يستمر في حركته بما يتناسب وكمية الحركة أو القوة المؤثرة لحين توقفها فلاعب الجمباز على العقلة يستمر في حركته بقوة معينة بعد حالة توازنه الفلقة.

1515 الفصل الخامس: القذائف والسقوط الحر

(السقوط الحر ، القذائف العمودية ، القذائف الأفقية)

1- السقوط الحر:

شكل سقوط الأجسام موضوع تساؤل الكثير من العلماء منذ القدم ، خصوصا بعد مجيء العالم غاليلي الذي صرح بمايلي: " ينبغي على الأجسام أن تكون لها نفس حركة السقوط ، لكن يمكن لهذه الحركة أن تتغير مع طبيعة الوسط الذي يحدث فيه السقوط"

جاء نيوتن فيما بعد ليؤكد ما صرح به غاليلي بانجاز بعض التجارب نذكر منها تجربة الأنبوب:

- توجد داخل أنبوب شفاف ومملوء بالهواء ، كرية وريشة في قعر الأنبوب ننكس فجأة الأنبوب فتسقط الكرية لتصل الأولى إلى قعر الأنبوب بينما تنزل الريشة ببطء.
 - يفرغ الأنبوب من الهواء وتكرر التجربة ، فتسقط الريشة مثل الكرية ، حيث تصلان معا إلى قعر الأنبوب إن السقوط في الفراغ غير مرتبط بالكتلة تنعدم في هذه الحالة القوى المقاومة الناتجة عن وجود الهواء ويبقى تأثير الجاذبية فقط انه السقوط الحر.
 - في غياب مقاومة الهواء ، كل الأجسام تسقط بالتسارع نفسه مهما كان حجمها أو شكلها
 - نقول عن الجسم الصلب أنه في سقوط حر إذا لم يخضع خلال سقوطه إلا لقوة ثقله
- ### 2- تعريف السقوط الحر:

نقول عن جسم أنه في حالة سقوط حر إذا كان في حالة حركة بالنسبة إلى معلم ارضي وهو خاضع لثقله فقط

-إذا كان الجسم يسقط داخل مائع فانه يخضع إلى قوى أخرى مثل دافعة ارخميدس وقوى احتكاك المائع ولا يمكن اعتبار هذه الحركة سقوط حر إلا إذا أهملنا هاتين القوتين أمام ثقل الجسم.

3- المعادلة التفاضلية للحركة :

لدراسة حركة السقوط الحر الشاقولي نأخذ قفز مظلي بدون سرعة ابتدائية يسقط سقوطا حرا من ارتفاع معين .

جملة الدراسة: الجملة البيوميكانيكية عبارة عن مظلي ذو الكتلة m وهو في حالة السقوط الشاقولي وفق المحور: ZOZ

اختيار المعلم: نختار المعلم الأرضي حيث يمكن اعتباره عطاليا

تحديد القوى: بإهمال القوى المطبقة على المظلي من طرف الهواء تكون القوة الوحيدة المتسببة في هذه الحركة هي قوة الثقل المطبقة من طرف الأرض على المظلي والمظلي يصبح خاضع لثقله فقط.

- **قوة الثقل :** $p=mg$

- **بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:** مجموع القوى تساوى الكتلة في التسارع