المحاضرة الرابعة

التحليل العملي والتطبيقي لقوانين الحركة الاول والثاني لنيوتن في الحركات الخطية والزاوية

تطبيقات قوانين الحركة في مجال التدريب والأداء المهاري للألعاب الرياضية

أ.د . وداد كاظم الزهيري

بايوميكانيك دكتوراه 2025-2026

جامعة بغداد - كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة للبنات

الهدف من المحاضرة التعرف الى

- التحليل العملي والتطبيقي لقوانين نيوتن في التدريب والمنافسة
- تطبيقات قوانين نيوتن الاول(القصور الذاتي) في الحركات الخطية والدورانية وكيفية الاستفادة منها في تدريبات الأداء الحركي
- تطبيقات عملية في الالعاب للتحكم بأطوال الجسم وكتلته كمقاومة في التدريبات
- كيف يمكن الاستفادة من قانون القصور الذاتي في مجال التدريب
- تطبيق قانون نيوتن الثاني (التعجيل والتسارع) في الحركات الخطية والدورانية الزاوية
- امثلة تطبيقية عن قانون التسارع الثاني في مختلف الألعاب

قوانين نيوتن في الحركات الخطية والزاوية

لدراسة قوانين الحركة الطبيعية ذات العلاقة بميكانيكية الحركات توجه العلماء الى اختبار هذه الكميات لغرض التحليل والاستفادة من نتائج هذا التحليل وتطبيقها على الحركات الرياضية المختلفة.
معظم القوانين الميكانيكية الأساسية يمكننا اشتقاق العديد من الكميات الميكانيكية الأخرى منها .

عند دراسة التطبيقات العملية لقوانين الحركة المعروفة لابد من التطرف الى ماهية هذه القوانين ليتسنى لنا معرفة تطبيقاتها في الالعاب الرياضية وما القوانين الي تتفق وتفسر هذه التدريبات العملية من اجل الاستفادة منها في التقدم العلمي والعملي لمستوى اللاعبين ولمختلف الالعاب الرياضية . وقوانين الحركة لنيوتن هي

- قانون القصور الذاتي
- قانون القوة والتعجيل
- قانون الفعل ورد الفعل

القانون الاول قانون القصور الذاتي (inertia

قبل التطرق الى صيغة قانون القصور الذاتي يجب ان نتعرف على مفهوم القصور الذاتى : هو مقاومة الجسم للحركة وكتلة الجسم هي مقياس قصوره الذاتي في الحركات الانتقالية .

لذا فأن القصور الذاتي : "هو خاصية الاجسام المادية, التي تظهر في التغيير التدريجي لسرعتها بمرور الزمن, عندما تؤثر عليها قوة"

أي بمعنا ارتباط كتلة الجسم بسرعته أو سكونة. وكلما زادت كتلة الجسم كلما كان القصور الذاتي اكبر للتغلب على المقاومات المختلفة.

من هذا القانون نستنتج ان أي محاولة احتفاظ الجسم بحالته التي هو عليها من سكون او حركة تتناسب طردياً مع كتلته (كمية القوة المقاومة للجسم) وان تغير الحركة يحدث تحت تأثير القوى المحركة ، اي أن القوة هي سبب التغير في الحركة اذن القصور الذاتي = الكتلة

يعرف هذا القانون بقانون الاستمرارية وأصل المصطلح يعني الكسل او الخمول في اللغة اللاتينية، وهو صفة موجودة في كل الاجسام الحية وغير الحية.

تطبيقات قانون نيوتن الاول في الحركة الخطية :

قانون القصور الذاتي ينص: ((على أن كل جسم يبقى على حالته من سكون او حركة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حاله)) شرط إن تكون القوة المؤثرة في تغير الحركة هي قوة مركزية (أي تمر من مركز كتلة الجسم) .

. وبتعبير آخر يعنى قدرة الجسم على مقاومة التغير فى حالته (الساكنة أو الحركية) شرط إن تكون القوة المؤثرة في تغير الحركة هي قوة مركزية (أي تمر من مركز ثقل الجسم).

وأن أي محاولة يقوم بها الجسم للاحتفاظ بسكونه أ و حركته تتناسب طرديا مع عدة عوامل هي :

- كتلته و مساحة قاعدة ارتكازه واتجاهها ، وزاوية سقوطه والاحتكاك (طبيعة الارض او السطح المتلامس) . فكلما زادت هذه العوامل زاد القصور الذاتي
- و يتناسب عكسيا مع ارتفاع مركز كتلة فكلما قل ارتفاع مركز الكتلة زاد قصورها الذاتي
- وهناك الكثير من الامثلة في المجال الرياضي تتجسد فيها هذه العوامل ومنها

ومن الامثلة في المجال الرياضي

- في رياضة المصارعة والملاكمة : كلما زادت كتلة الجسم كأحد العوامل التي تلعب دورا كبيرا في قصور الجسم كلما كان القصور الذاتي اكبر للتغلب على المقاومات المختلفة ، لذا يتم تقسيم اللاعبين في المصارعة والملاكمة الى أصناف وفق كتلهم وذلك لان صاحب الكتلة الأكبر سيكون سهل جدا عليه تغيير حركة اللاعب ذو الكتلة الأقل ، لاختلاف القصور الذاتي بينهما ولصالح الكتلة الاكبر وذلك لامتلاكه اتزان وثبات عاليين لان الكتلة احد العوامل التي تتناسب طردياً مع الاتزان والثبات والذي يعني احتفاظ الجسم بحاله عالية لقصوره الذاتي وكذلك الحال في الالعاب القتالية ورفع الاثقال.

- في الجمناستك وبعض الرياضات الاخرى يحتاج الى ان يمتلك اللاعب قصور ذاتي قليل عند أداء القفزات او الحركات الدورانية لكي يبذل قوى للتغلب على قوة الجاذبية من اجل تحقيق إنجاز اكبر من هنا فأن لاعبي الجمناستك من الضروري جدا ان يستمرون بالمحافظة على عدم زيادة كتلتهم مع العمل على تطوير القوة بأتجاه التغلب على القصور الذاتي لاجسامهم ، وزيادة هذا القصور عند الهبوط من الأجهزة للمحافظة على الاتزان والثبات .

تطبيقات قانون نيوتن الاول في الحركات الخطية

يكون القصور الذاتي مفيداً عند تطبيق بعض الحركات عندما :

- عندما يحتاج الجسم اتزان عالي إثناء الأداء على بعض الأجهزة .
- عندما يكون المطلوب استمرار حركة الجسم في بعض المهارات .

تحتاج بعض الالعاب الى زيادة القصور الذاتي .كما في بعض الفعاليات التي تحتاج توقف في الحركة لمرة واحدة في المرحلة النهائية مثل الهبوط باتزان في نهايات الالعاب .

ويكون القصور معيقاً للحركة :

- في بعض حالات البداية لبعض المهارات التي تتطلب قوة مميزة بالسرعة وسرعة انطلاق كبيرة .
- وفي مرحلة النهاية لبعض المهارات التي تتطلب توقف في الحركة او التوقف مرة واحدة ، مثل حالات تغير الاتجاه في بعض حركات الالعاب المنظمة (العاب الكرة).

القصور الذاتى فى الحركات الدورانية (الزاوية) :-

– وهو مقياس القصور الذاتي للجسم خلال الحركة الدورانية (الزاوية)

هذا القانون ينص : على إن أي جسم يميل للاستمرار بالدوران بكمية حركة زاوية إلا إذا أثرت عليه قوة لامركزية أو زوجين من القوى في نقطة تبعد بمقدار معين عن مركز كتلة الجسم .

والقصور الذاتي في الحركات الدورانية (الزاوية) نطلق علية عزم القصور الذاتي بسبب البعد عن محور الدوران.

قانون عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر 2)

وحدة قياسه كغم . م ^{2}

مثال تطبيقي / لاعب جمناستك على العقلة أثناء اداء الدورانات كان مقدار نصف القطر 1.5 متر و بكتلة الجسم 65 كغم؟ جدي عزم القصور الذاتي . وكم سيكون مقدار عزم القصور عند ما يكون مقدار نصف القطر الدوران 2.5 متر

الحل / في الحالة الاولى عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)2

=65 × 2(1.5) = 168.75 كغم. م2

في الحالة الثانية عزم القصور الذاتي =65 × 2(2.5) = 406.25 كغم. م2

نستنتج من خلال الحالتين انه كلما زاد مقدار نصف القطر(البعد عن محور الدوران) زاد مقدار القصور الذاتي .

وفق قانون عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر ^{2})

أو (مربع الطول)^2

-الطول هنا نعني به طول الجسم او جزء الجسم اي نصف قطر الدوران

- الكتلة ومربع نصف القطر كل منهما يتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي وهذا معيق في الكثير من الحركات الرياضية

جميع حركات الجسم وأجزاءه تعتبر حركات دورانية ترتبط بمحاور دوران (مفاصل) وتتوزع كتل أجزاء الجسم حول هذه المحاور ، يتغير مقدار عزم القصور الذاتي بزيادة او تقليل البعد عن محور الدوران مع ثبات الكتلة ؟ كيف

-عندما يكون مركز الكتلة قريب من محور الدوران فان هذا الجسم يمتلك اقل قيمة لعزم القصور الذاتي .

- وعندما يبتعد مركز الكتلة اكثر عن محور الدوران يزداد العزم بسبب البعد العمودي بين مركز كتلة الجسم ومحور الدوران تزداد سرعة الدوران بهذا التغيير او تقل عند الاقتراب عن المحور .

كيف يمكن الاستفادة من قانون القصور الذاتي في مجال التدريب

ويمكن ان يستخدم قانون عزم القصور الذاتي في تطوير الحركات والمهارات الرياضية وبدلالته الرياضية :

عزم القصور الذاتي = الكتلة × نق^2

أي إن (ع ق ص) يتناسب طردياً مع كتلة الجسم ومربع طولها ، وان الكتلة تتناسب عكسياً مع مربع الطول

- مثلاً في تدريب القوة يمكن ان تكون كتلة الجسم او جزء الجسم تمثل مقاومة لحركة ذلك الجسم بحكم ارتباطها بقوة جذب الارض والتي تؤثر دائماً باتجاه الارض ، لهذا فأن حركة هذه الكتلة ضد الجاذبية تعني ان الجسم يقاوم هذه الجاذبية ، وتقوم العضلات بتنفيذ العمل ضد هذه المقاومة ووفقاً لخصوصية جسم الانسان ، ولما كانت كتلة الجسم أو اي جزء من اجزاءه تقريباً ثابتة لا يمكن تغييرها ، **لذا يمكن زيادة قيمة المقاومة التمثله بعزم القصور الذاتي من خلال اتجاهين هما**

- بزيادة طول الجسم - بزيادة كتلته (اوزان مضافة).

امثلة تطبيقية /

قافز العالي عند الانطلاق عاليا يفضل رفع الرجل (القائدة) الى الاعلى وهي مثنية وليس ممدودة ؟ فسري ذلك

ج/ استنادا لمبدء مركز كتلة الجسم القريب من محور الدوران فان هذا الجسم يمتلك اقل قيمة لعزم القصور الذاتي . لذا يفضل رفع الرجل (القائدة) الى الاعلى وهي مثنية لارتباطها الوثيق في قيم عزم القصور الذاتي التي تقل باقتراب مراكز الاجزاء من المحور الدوران الاساسي يقلل اعاقة الحركة . وتزداد بزيادة انصاف الاقطار المعيقة للحركة .

- سؤال للمناقشة / يعمل رافع الثقل على تقريب الثقل اقرب ما يكون الى مركز كتلة الجسم في مسار رفعه عاليا ؟ لماذا فسري ذلك وفقا للفديو عن الفعالية

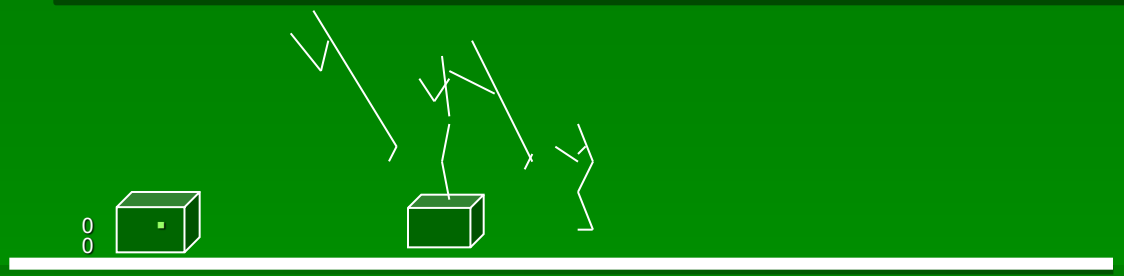
???? ??? ?????.flv

هذا المبدأ يمكن ان يستخدم كمبدأ تدريبي (من خلال التحكم بأنصاف أقطار أجزاء الجسم (تأثير العزوم) او اوزان مضافة لكتلة الجسم عند التدريب على تطوير الأداء باستخدام حركات القفز في العاب القوى والجمناستك وحركات التهديف بالعاب الكرة والهجوم بالكرة الطائرة.. الخ)

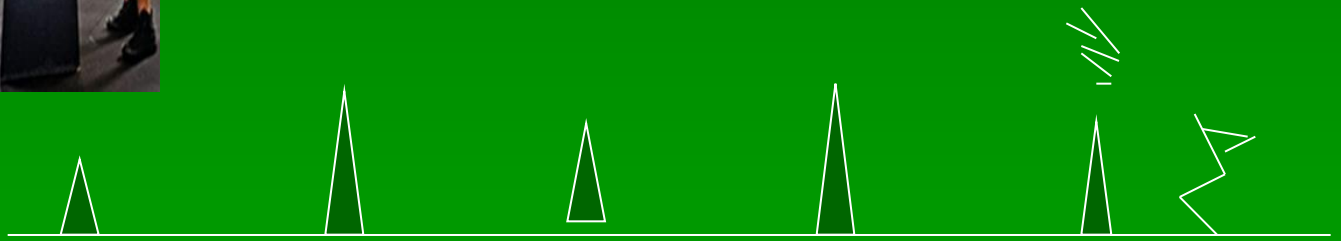
سؤال/ كيف يمكن استغلال الأطوال لأجزاء الجسم كمقاومة لحركتها لتطوير الاداء المهاري (يمثل الزيادة في طول هذه الاجزاء تدريبا وفق عزوم قصورها الذاتي)

يمكن استغلال هذه الأطوال الجسم كمقاومة عند اداء حركات القفز على الاجهزة والحواجز او المساطب بحيث يكون الجسم ممدواً عند اجتياز هذه الحواجز او المساطب ، وذلك يشكل مقاومة حقيقية لعضلات الجسم العاملة في هذه الحركات وهو ما يسمى التدريب وفق العزوم .... لاحظي الشكل التالي

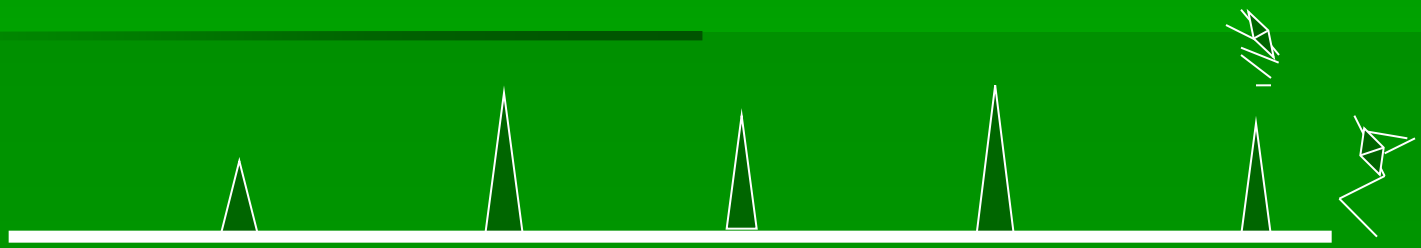
نماذج من تطبيقات التدريب وفق عزوم القصور الذاتي كمقاومات



تمارين المساطب بالتحكم بأنصاف اقطار الجسم



تمارين القفز بين الحواجز بالتحكم بأنصاف اقطار الجسم



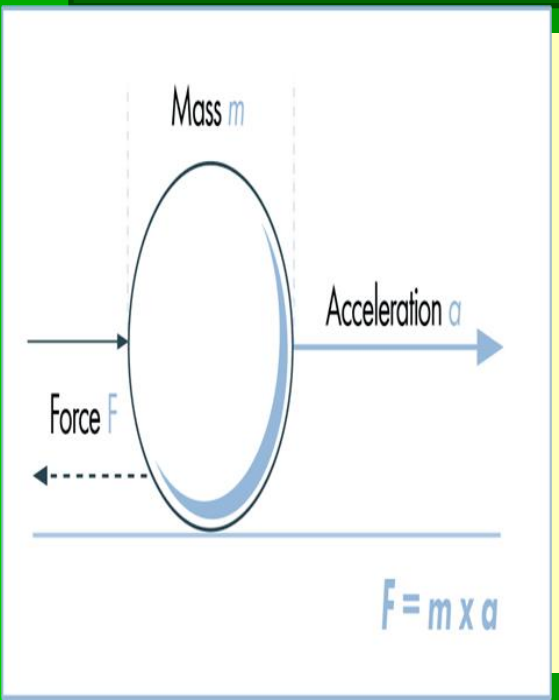
تمارين القفز بين الحواجز بالتحكم بكتلة الجسم وأنصاف اقطاره

قانون نيوتن الثاني (التعجيل والتسارع)(القانون الذهبي)

تعد القوة في هذا القانون العامل الرئيس لحدوث الحركة وان مقدار الحركة وكميتها متعلق بمقدار القوة المؤثرة

وهذا القانون يعد القاعدة الميكانيكية الرئيسة لجميع الحركات ويعبر عن العلاقات الداخلية بين القوة والكتلة والتعجيل .

وينص القانون على الاتي :-



(يتناسب تعجيل الجسم تناسبا طردياً مع مقدار القوة المؤثرة عليه وتكون الحركة باتجاه القوة،

(في الحركات الخطية) يستخدم هذا القانون لتحديد تسارع الجسم في اتجاه القوة المطبقة عليه . فكلما زادت القوة المطبقة زاد التسارع الناتج . قانون التعجيل هو

القوة = الكتلة xالتعجيل

التعجيل= س٢- س ١ / ن

مثال تطبيقي 1:-احسب مقدار التعجيل الناتج من قوة مقدارها 100 نيوتن على ثقل كتلته 10 كغم ؟

القوة = كتلة × التعجيل

100 = 10 × جـ

جـ = 100/ 10 = 10 م/ث2

مقدار التعجيل الذي يكتسبه الثقل

مثال 2 / رامي ثقل يصدر قوة مقدارها 1200 نيوتن بسرعة 6 م/ثا وبزمن 0,5 ثانية؟

1- احسبي كتلة الرامي؟

2- وما مقدار القوة التي يبذلها الرامي اذا زادت سرعة الرمي 2م/ث

اوجدي الحل

طبقا لرأي نيوتن، فأن القوة هي مقياس لرد الفعل الداخلي للجسم، وان التغيير في كمية الحركة يرجع الى مقدار كمية رد الفعل الداخلي (ردود أفعال الجهاز العصبي – العضلي المشتركة)،
وبمعنى اخر لمفهوم القانون (ان معدل التغير في كمية الحركة يتناسب طرديا مع القوة المنتجة لهذا التغير) .

والقوة الداخلية هنا هي التي تمثلها قوة الانقباض العضلي ، أما الجاذبية وقوى الاحتكاك والمقاومات الاخرى فهي قوى خارجية .

ويمكن زيادة قدرة الشعور العضلي والنظام العصبي المصاحب لهذا الشعور لدى اللاعب عند استخدام التدريبات التي تعمل لتطوير القوة والسرعة وغيرها ،
وهو مبدأ تدريبي تعليمي يعتمد على تحسن التوافق العصبي العضلي،
وعليه يمكن تطبيق قانون التسارع لنيوتن من خلال التحكم بثلاث متغيرات اساسية هي
(القوة – الكتلة – التعجيل) كما يلي:

1- اذا كانت الكتلة ثابتة فانه كلما زادت القوة المؤثرة زاد تعجيل الجسم .

وفقا للقانون ق = ك × ج .

•وهذا يفسر انه كلما بذل اللاعب قوة اكبر لدفع الاداة زادت سرعة الاداة وقطعت مسافة اكبر الى الامام او الاعلى .

وايضا في حركات الدفع والوثب والعاب المضرب والعاب الرمي (في العاب القوى) ... ال خ , من الالعاب الاخرى .

2- يتناسب تعجيل الجسم يناسبا عكسيا مع كتلة الجسم فكلما زادت الكتلة قل تعجيل الجسم وفقا للقانون ج = ق/ ك

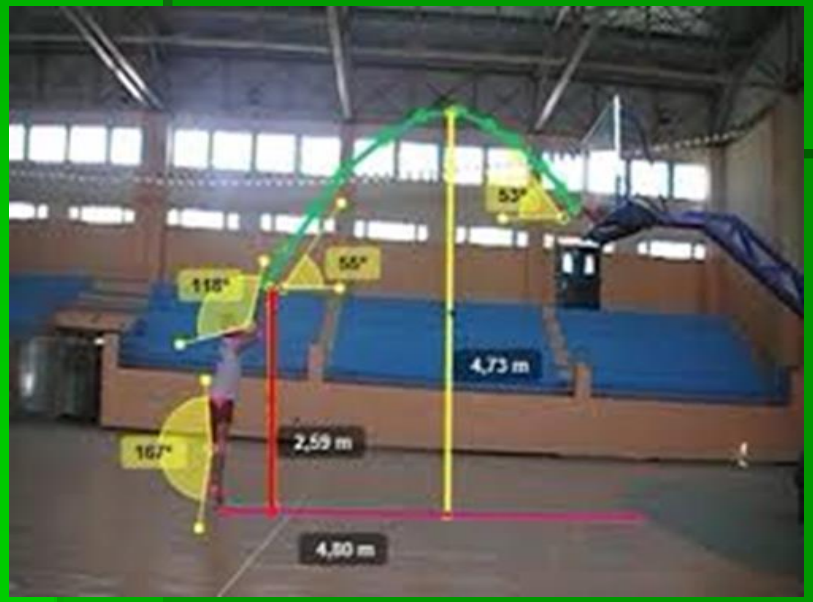
فمثلا اذا كانت كتلة الكرة (1) كغم ضربة بقوة (20) نيوتن فان نتيجة تعجيل الجسم(20 م/ث2) اما اذا كانت الكتلة (2) كغم وبنفس القوة (20) نيوتن فان الكرة تتحرك بتعجيل (10) م/ث2 اي كلنا زادت الكتلة تكون معيقة لتعجيل الجسم

وهذا العلاقة يبين الكتلة والتعجيل والقوة تستخدم في مهارات رياضية متعددة (كالتهديف والمناولة في كرة القدم واليد والسلة والطائرة والملاكمة وغيرها من الالعاب).

هذه المبادئ الميكانيكية (التحكم في القوة-الكتلة- التعجيل) تعد مبادئ اساسية في عملية التعلم والتدريب الرياضي ؟ كيف

- بثبات الكتلة (مثل كتلة الكرات او الاثقال او الادوات) يمكن زيادة القوة للحصول على تعجيل عالي ، وهذا ما يخدم الاداء الفني وما يرتبط بهذا الاداء من صفات بدينة اساسية لتطبيقه كالقوة في تدريب وتعليم اللاعبين .

- بثبات القوة (القوة العضلية المستخدمة في الاداء) وتغير كتل الادوات المستخدمة يعطي ايجابية عالية في تطوير القوة السريعة في الالعاب. التدريب بأدوات اثقل او اقل



- **بثبات التعجيل (لسرعة الجسم): وتغير القوة يمكن ان نحصل على الدقة المطلوبة**

باستخدام اداة واحدة (ككرة السلة عند التهديف من مناطق متعددة والتي تتطلب استخدام قوة تتناسب وبعد اللاعب عن الهدف ليتمكن من تحقيق التعجيل المناسب الذي يضمن وصول الكرة الى الهدف (حلقة السلة) بالرغم من اختلاف مسافات التهديف والتي تتطلب مقادير مختلفة من القوة لإيصال الكرة الى الهدف بالدقة المناسبة والمطلوبة

قانون نيوتن الثاني (التعجيل والتسارع)
(القانون الذهبي) في الحركات الزاوية

- ينص على(إن العزم المؤثر على جسم ما يتناسب مع التغير في كمية الحركة الزاوية) ، لذا يكون العزم له مواصفات القوة في تغير كمية الحركة للأجسام الدورانية ، وعندما يرتبط العزم بزمن الفعل عند الأداء. فنطلق علية عزم دفع القوة الذي يكون السبب في تغير كمية الحركة الزاوية :
- ولتوضيح عملية اشتقاق القانون الرئيس لعزم دفع القوة

عزم دفع القوة = التغير في كمية الحركة الزاوية

وكمية الحركة الزاوية(الزخم الزاوي) = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية

وعزم القصور الذاتي = الكتلة × نق2

والسرعة الزاوية = السرعة المحيطية / نق (الطول)

اذاً عزم دفع القوة = كتلة الجسم × نق × السرعة المحيطية

بما ان كمية الحركة الخطية (زخم خطي)

=كتلة الجسم × السرعة المحيطية

اذن قانون عزم دفع القوة = الزخم الخطي × نق

= كتلة x سرعته x نق

مثال تطبيقي / للاعب كتلته 75 كغم لحظة النهوض يرتقي بسرعة 22م/ ث اذا كان البعد عن نقطة الارتكاز 0.75 متر ؟ اوجدي

1- مقدار عزم دفع القوة المؤثر ؟

2- وما مقدار البعد عن نقطة الارتكاز اذ علمتي ان عزم دفع القوة 1400 نت .م ؟

الحل 1/ عزم دفع القوة = الزخم الخطي × نق

= كتلة x سرعته x نق

= 75 x 22 x 0.75

اذن عزم دفع القوة = 1237.5 نت . م

حل 2/ عزم دفع القوة = كتلة x سرعته x نق

1400 = 75 x 22 x نق

اذن نق = 1400 / 75 x 22

1.17= متر مقدار البعد عن نقطة الارتكاز

مثال تطبيقي 2 / اذا كان مقدار البعد عن نقطة الارتكاز 1.66 م وكان عزم دفع القوة في تلك اللحظة 1350 نت .م للاعب كتلته 70 كغم لحظة النهوض؟ اوجدي

1- كم ستكون السرعة التي يرتقي بها ؟

2- وكم ستكون عزم دفع القوة المؤثر اذا كان البعد عن نقطة الارتكاز 1م

شكرا لحسن الاستماع
اي اسئلة
sareehalfadly@gmailcom