الفصل الثالث

مفهوم الكينتك لتحليل الحركة

Kinetic Concepts
for Analyzing Human Motion

أساسيات البايوميكانيك ..... مفهوم الكينتك لتحليل الحركة

بعد إكمال هذا الفصل سيتمكن القارئ من :

- ✓ معرفة وتشخيص الوحدات العامة لقياس الكتلة،القوة،الوزن،الضغط،الحجم، الكثافة، الوزن الخاص،عزم الدوران، والحافز.
- ✓ تشخيص ووصف الأنواع المختلفة للأحمال الميكانيكية التي تؤثر على جسم الإنسان.
- ✓ تشخيص ووصف استخدامات الآلات و الأجهزة المتوفرة لقياس الكميات الحركية.
- ✓ تستطيع التمييز بين المتجهة و الكميات القياسية.
- ✓ تستطيع أنْ تحل المشاكل الكمية و التي تستلزم المتجهة الكميات المستخدمة في التصوير و إجراءات علم المثلث.
- ✓ عندما يتحرك الزورق بواسطة الريح أو الجريان في أي اتجاه سيغادر؟
- ✓ ما كمية القوة التي يجب أنْ تستخدمها الزلاجة؟
- ✓ ما هي العوامل التي تحدد كسر العظم عند السقوط؟ أجوبة هذه الأسئلة تتبع من علم الكينماتيك، في دراسة القوى.

جسم الإنسان يولد و يقاوم القوى خلال النشاطات اليومية قوى الجاذبية و الاحتكاك وتمكن الانتقال عندما تنتج القوى الداخلية بواسطة العضلات و المشاركة الرياضية تستلزم استعمال القوة للكرات و المضارب وامتصاص القوى بالاصطدام بالكرات،الأرضية أو السطح و الخصم في كافة أنواع الرياضة.الفصل سيقدم علم الكينتك الأساسي و أفكاره المستمدة من عملية فهم هذه النشاطات.

مفاهيم أساسية تتعلق بعلم القوى (الكينتك)

BASIC CONEPTS RELATED TO KINETICS

إن فهم أفكار و مبادئ الكتلة، القصور الذاتي، الوزن، الضغط، الحجم، الكثافة، الوزن المحدد، عزم الدوران و الحافز يعطي قاعدة مهمة لفهم تأثيرات القوى.

الكتلة Mass

الكتلة هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة، والرمز المهني للكتلة هو الحرف (m). الوحدة العامة للكتلة في النظام المتري هي الكيلوغرام (kg). أمّا وحدة الكتلة الإنكليزية فهي (slug) التي هي أكبر بكثير من (kg) في الاستخدام الشائع.

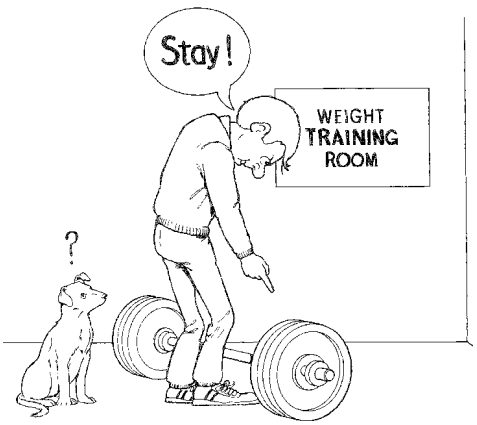
القصور الذاتي Inertia

القصور يعني مقاومة الفعل أو التغيير (شكل1-3) و بنفس التعبير فالتعريف الميكانيكي هو مقاومة التعجيل، كذلك فالقصور الذاتي هو ميل الجسم للحفاظ على حاله. الثبات الحالي للحركة سواء كان الجسم غير متحرك أو يتحرك بسرعة ثابتة، فعلى سبيل المثال:

- ✓ عارضة بوزن 15كيلوغرام موضوعة على الأرضية بشكل ثابت تميل إلى المحافظة على حالة الثبات و عدم الحركة.
- ✓ لاعب تزلج ينزلق على سطح على سطح أملس عنده ميل إلى الاستمرار في التزلج بخط مستقيم بسرعة ثابتة.

و على الرغم من أنّ عزم القصور ليس وحدة قياس. فكمية القصور الذاتي للجسم تتناسب بشكل مباشر مع كتلة الجسم. فالمادة الأثقل بطبيعة الحال هي

الأكثر ميلاً إلى ثبات حالة حركتها و هي الأكثر صعوبة في محاولة تغيير حالة ثباتها.



شكل(3–1) المادة الثابتة تميل إلى المحافظة على ثباتها و ذلك بسبب عزم قصورها

القوة Force

القوة هي عبارة عن دوافع او سحب مؤثر على الجسم،توصف بمقدار واتجاه إضافة إلى نقطة استعمال الجسم،أما بالنسبة لقوى وزن الجسم والاحتكاك وقوى رد الفعل فلها تأثير كبير على جسم الإنسان.

- ✓ الكتلةmass: هي المادة المكونة للشيء.
- ✓ القصور الذاتيinertia : هو ميل الجسم إلى مقاومة تغيير ثباته في حالة السكون أو تغيير ثبات حركته.
- ✓ القوة force: هي الفعل الميكانيكي الذي يؤثر أو يحاول التأثير على الجسم .

تشكيل مخطط حر للجسم عند تحليل تأثيرات القوى على الجسم أو تحليل نظام الأهمية هو الخطوة الأولى ، حيث ان مخطط جسم حر يتألف من صفحة مسودة للنظام المحلل. إن المؤشرات تمثل القوى المؤثرة (شكل 2–3) يوضح عدة مخططات للجسم الحر.

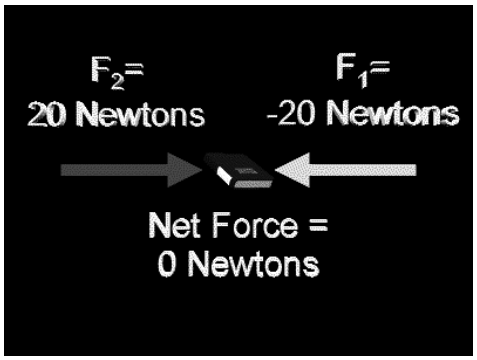
يمكننا تحديد التأثير العام للقوى المؤثرة على الجسم باستخدام المؤشرات، والمؤشر المنفرد الناتج يعرف بمحصلة القوة و عندما يكون مجموع القوة صفر، فالجسم يبقى ثابت، أو بدون حركة، أمّا عندما يكون مجموع القوة معلوما، فالجسم سيكون في حركة باتجاه محصلة القوة.

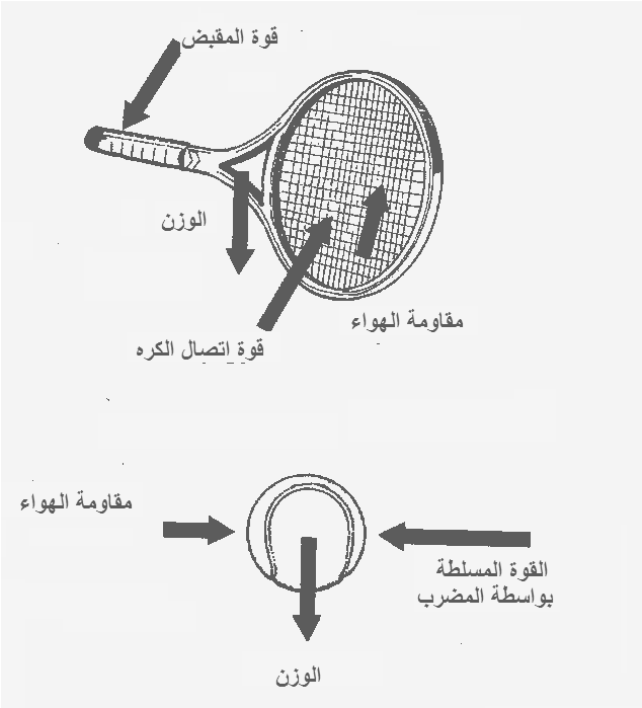
كذلك يمكننا أنْ نعرف القوة بأنها ناتج كتلة الجسم و تعجيل ذلك الجسم الناتج عن استعمال القوة.

- ✓ مخطط الجسم الحرfree body diagram:المسودة التي توضح نظام معرف لمعزل كل مؤشرات القوة المؤثرة على النظام.
- ✓ قوة الشبكةnet force:هي القوة الناتجة من مجموع قوتين أو أكثر.

ق = م أ

فعلى سبيل المثال ، عند دفع شخص كتاب بقوة مقدارها 20 نيوتن نحو اليسار وشخص آخر دفع الكتاب بقوة مقدارها 20 نيوتن نحو اليمين ،فالقوة الناتجة ستكون صفر نيوتن.





(شكل 2-3) مخططين للجسم الحر يوضحان تأثير القوى

ق = م أ

ق هو الرمز المهني للقوى. وحدات القوى هي وحدات الكتلة مضروبة بوحدات التعجيل في وحدات النظام المتري فالوحدة الأكثر شيوعاً هي النيوتن (ن) و التي يمكن تعريفها على أنها هي ناتج (1كيلوغرام) من الكتلة و 1م/س2 تعجيل.

1ن = (1 كيلوغرام)(1م/س2)

في النظام الإنكليزي فالوحدة الأكثر شيوعاً هي الباوند، و هي كمية القوة الضرورية لتعجيل كتلة من (1 slag) في (s2/FT) و هي تساوي 4,45 نيوتن.

1Lb=(1slag)(1FT/s2)

الـوزن Weight

يعرف الوزن على أنه قوة الجاذبية المسلطة على الجسم. و تعريفها جبرياً هو تعديل الحد العام للقوة. الوزن يساوي الكتلة مضروبة بتعجيل الجاذبية.

و=ك×ج

المتزلج يميل إلى المحافظة على استمرار التزلج بسرعة واتجاه ثابت و ذلك بسبب عزم

و بما أنّ الوزن هو القوة، فوحدات الوزن هي وحدات قوة أمّا (ن) أو (lb)

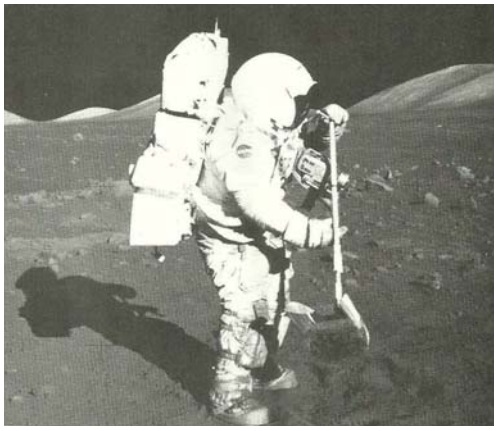
و كلما ازدادت كتلة الجسم، ازداد وزن الجسم تناسبيا أما العامل التناسبي فهو تعجيل الجاذبية و مقداره 9.81م/ث2، أما علامة السالب فتشير الى إنّ تعجيل الجاذبية يتجه إلى الأسفل أو باتجاه مركز الأرض، أما على القمر أو على أي كوكب موجود تعجيل الجاذبية سيصبح مختلفا، أما بالنسبة للنقطة التي يؤثر عندها الوزن على الجسم فهي مركز الجسم من الجاذبية أو مركز جاذبية الجسم.

- ✓ الوزن weight : هو القوة الجاذبة التي تسلطها الأرض على الجسم.
- ✓ تعجيل الجاذبيةthe acceleration of gravity : هو ثابت و غير متغير و يساوي تقريباً 9,81م/ث2.
- ✓ عندما تكون القوى مسنودة بواسطة الجسم،المنطقة الأصغر هي التي تتوزع عندها القوة فالمنطقة الأكثر تعرض لاحتمال الإصابة.

ونتيجة لكون الوزن هو قوة توصف ايضا بمقدار واتجاه ونقطة الاستعمال. فالاتجاه الذي يؤثر فيه الوزن يكون على الدوام باتجاه مركز الارض والنقطة التي يتخذها الوزن للتأثير على الجسم هي مركز جاذبية الجسم.

وعلى الرغم من إن اوزان أي جسم تحسب بالكيلوغرام، والكيلوغرام حقيقة هو وحدة الكتلة،فالأوزان يجب أنْ تحسب بالنيوتن و الكتل يجب أنْ تحسب بالكيلوغرام.عينة المسألة موجودة في (شكل 3-3) يوضح العلاقة بين الكتلة و الوزن.

شكل 3-3 إذا تبيّن أنّ شخصاً ما ذو كتلة 68 كيلوغرام، فما هو وزن ذلك الشخص؟



على الرغم من أنّ كتلة الجسم تبقى ثابتة على القمر فوزن الجسم سيكون أقل نتيجة

المعلوم: ك = 68 كيلوغرام

الحل:

المطلوب: الوزن

الصيغة: wt=mag

1kg=2.2lb

الكتلة يمكن أنْ تضرب بعامل التحويل 2.2 lb/kg ليحول الوزن إلى الباوند

(68kg)(2.2lb/kg)=150 lb

ما هي كتلة جسم يزن 1200 نيوتن؟

المعلوم:

و = 1200 نيوتن

الحل:

المطلوب: الكتلة.

الصيغة: و=ك

1200 نيوتن = ك (9,81م/ث2)

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{١٢٠٠ نيوتن}}{\text{٩.٨١ م/ثا٢}} = \text{١٢٢.٣٢ كيلو غرام}$$

2. الوزن يمكن أنْ يقسم على تعجيل الجاذبية في نظام قياسي معين لتحويل الكتلة.

ما هي كتلة جسم يزن 100 باوند؟

الحل:

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{١٠٠ باوند}}{\text{٣٢.٢ قدم/ثا٢}} = \text{٣.١١ sluge}$$

الضغط Pressure

هل تفضل أن تسير المرأة بحذاء ذو كعب ناتئ أي حذاء(السبايك) أو أن تسير بحذاء مسطح (ارضي)أو حذاء ذو نعل رقيق؟ السبب الذي يجعل الحذاء ذو الكعب الناتئ (السبايك) يؤلم القدم يرتبط بمقدار الضغط المتباين المسلط من حذاءين مختلفين.

الضغط (أ) و يعرف بأنه كمية القوة المؤثرة على منطقة معينة

$$\text{ب} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} \qquad P = \frac{F}{A}$$

إن وحدات الضغط هي وحدات القوة مقسومة على وحدة المساحة، وحدات الضغط الشائعة في النظام المتري هي (ن) لكل سنتمتر مربع (ن/سم2) و الباسكال (Pa).

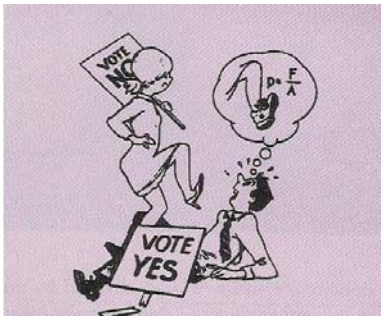
باسكال واحد يمثل نيوتن لكل متر مربع (Pa=N/m2) وفي النظام الإنكليزي وحدات الضغط الشائعة هي الباوند إنج مربع (lb/in2).

في الحالة المطروحة فإن كمية القوة المسلطة على قدم شخص تمثل وزن جسم المرأة أما في المنطقة التي تتوزع فيها القوة فهي تمثل منطقة التماس بين أرضية حذاءها و القدم. و كما هو واضح من عينة المسألة 2. فالكمية الأصغر

من منطقة السطح أسفل عقب السبايك بالمقارنة مع الحذاء المسطح تتسبب في تسليط ضغط اكبر بكثير مما كان مسلطاً.

✓ الضغط: هو القوة المسلط على وحدة المساحة.

شكل 4-3 إذا كان وزن المرأة 556 (ن)، و مساحة عقب حذاء السبايك 4سم^2، و مساحة حذاء الساحة هي 175سم2، فما هو الضغط المسلط بواسطة كل من الحذاءين؟المعلوم:



و = 5560 ن

أ = 4سم^2

ب = 175سم^2

الحل:

المطلوب: معرفة الضغط المسلط بواسطة عقب حذاء السبايك والضغط المسلط بواسطة حذاء الساحة

1. بالنسبة لعقب حذاء السبايك

$$\text{الضغط} = \frac{\text{٥٥٦ نيوتن}}{\text{٤سم٢}} = \text{١٣٩ نيوتن/سم٢}$$

2. بالنسبة لحذاء الساحة فالضغط

$$\text{الضغط} = \frac{\text{٥٥٦ نيوتن}}{\text{٣١٨ سم٢}} = \text{٣.١٨ نيوتن/سم٢}$$

التناسب بين كمية الضغط المسلط بواسطة الحذاءين:

$$\frac{\text{ضغط حذاء السبايك}}{\text{ضغط حذاء الساحة}} = \frac{\text{١٣٩}}{\text{٣.١٨}} = \text{٤٣.٧٥}$$

إذن فإن الضغط المسلط بواسطة حذاء السبايك أكثر 43,75 مرة منه في حذاء الساحة الذي ترتديه نفس المرأة.

الحجم Volume

الحجم هو الحيز المشغول ولأننا نصف الفراغ بثلاثة أبعاد وهي الطول،العمق و العرض فوحدة الحجم هي وحدة الطول مضروبة بوحدة الطول مضروبة بوحدة الطول و في اختزال رياضي فوحدة الطول هذه عائدة للقوة الجبرية لثلاثة أو لوحدة طول مكعبة. وحدات الحجم الشائعة للنظام المتري هي السنتمتر المكعب (m3) و الأمتار المكعبة و الألتار (L)

1ل=1000سم3

في قياس النظام الإنكليزي، فالوحدات الشائعة للحجم هي الإنجات المكعبة (in3) و القدم المكعب (ft3) كذلك هنالك وحدة أخرى في النظام الإنكليزي و هي الكوارت (qt).

1qt = 57,75 إنج3

الحجم هو ليس كالوزن و الكتلة، فثقل يزن 8 كيلوغرام و كرة تشغل تقريباً نفس حجم الفراغ، و لكن وزن الرمية أكبر بكثير منه في الكرة.

الشخص العضلي و الشخص البدين لهما وزن جسم متماثل، و لكن حجم الجسم البدين سيكون أكبر بطبيعة الحال.

- ✓ الحجمvolume : هو الفراغ الذي يشغله الجسم.

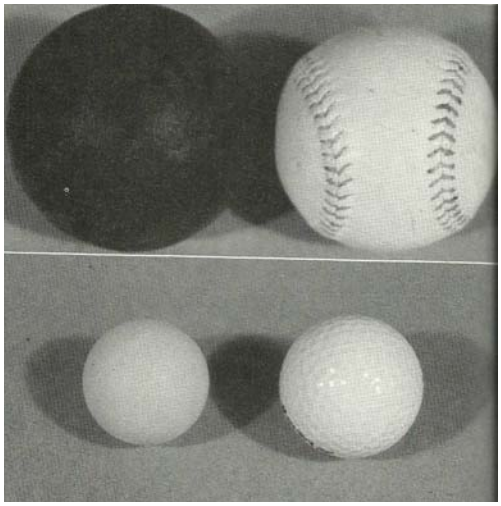
الكثافة Density

مصلح الكثافة يتكون من كتلة الجسم إضافة إلى حجم الجسم. إذ تعرف الكثافة على أنها الكتلة لكل وحدة حجم. الرمز التقليدي للكثافة هو الحرف الإغريقي الصغير (d)

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

- ✓ وحدات قياس الكميات الفيزياوية غالباً ما تساوي تعاريف الكميات ذاتها.

✓ الكثافة density : و هي وحدة الكتلة لكل وحدة حجم.



زوج من الكرات لهما نفس الحجم و لكن يختلفان بشكل كبير في الوزن.

وحدات الكثافة هي وحدات الكتلة مقسومة على وحدات الحجم أما الوحدة الشائعة في النظام المتري فهي الكيلوغرام لكل متر مكعب (كيلوغرام/م3). اضافة الى ذلك فإن وحدات الكثافة في النظام الإنكليزي ليست شائعة الاستعمال وتستعمل بدلاً عنها وحدات خاصة (كثافة الوزن).

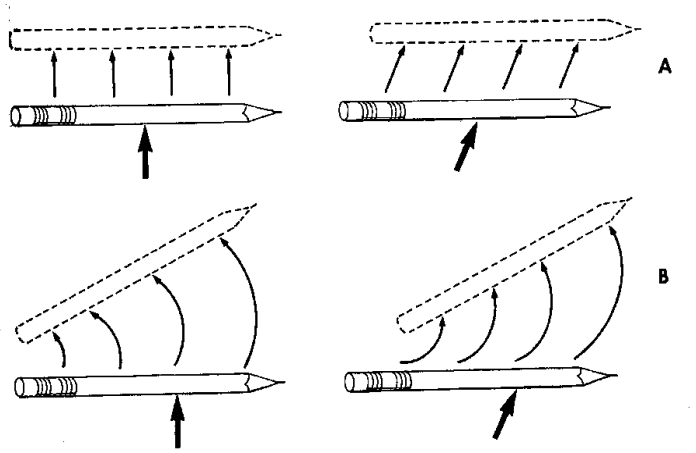
✓ الوزن المحدد specific weight (كثافة الوزن): تعرف على أنها الوزن لكل وحدة حجم.

ولان الوزن يتناسب مع الكتلة وكثافة الوزن متناسبة مع الكثافة تصبح وحدات كثافة الوزن هي وحدات الوزن مقسومة على وحدات الحجم والوحدة المترية لوزن محدد ستكون نيوتن لكل متر مكعب (ن/م3) و النظام الإنكليزي يستخدم الباوند لكل قدم مكعب (با/ق3)، و على الرغم من أنّ الجلة التي تزن (8كغم) و الكرة يشغلان نفس الحجم تقريباً، فإن الجلة تحتفظ بكثافة أكبر و وزن محدد أكبر من الكرة و ذلك لأن الجلة هي أثقل. و كذلك فإن الشخص الضعيف بنفس الوزن مع

الشخص البدين لديه كثافة جسم أكبر و ذلك لأن عضلاته أكثر كثافة من عضلات الشخص البدين.

عزم الدوران Torque

عندما نستعمل القوة لأية مادة ولتكن القلم الموضوع على المنضدة، فستؤثر هذه القوة على حركة محددة أو تؤدي إلى حركة عامة فإذا كانت القوة المستعملة موازية إلى قمة المنضدة و إلى داخل مركز القلم (قوة مركزية)، فسيتحرك القلم في الاتجاه الذي استعملت فيه القوة، أما إذا كانت القوة المستعملة موازية إلى قمة المنضدة و لكنها متجهة إلى نقطة أخرى في مركز القلم، فالقلم سيخضع للحركة أو الدوران (شكل5–3) (قوة غير مركزية).



(شكل5–3) أ.القوى المركزية تنتج الحركة. ب.القوة اللامركزية تنتج الحركة إضافة إلى الدوران.

التأثير الدوراني الناتج من القوة اللامركزية يعرف بـ عزم التدوير أو عزم الدوران (T) الذي يمكن أنْ يعرف بأنه قوة الدوران المكافئ الزاوي لقوة مستقيمة وجبرياً فعزم الدوران هو ناتج القوة (F) و القوة العمودية (d) من خط تأثير القوة إلى خط أو مستوى الدوران.

ت = ف × د

إن أكبر كمية لعزم الدوران الذي يؤثر على خط الدوران هي التي تظهر ميلان أكبر للدوران، أما وحدات عزم الدوران في النظام المتري والنظام الإنكليزي فهي خاضعة للتعريف الجبري وهي وحدات قوة مضروبة بوحدات المسافة (نيوتن/متر) أو (القدم- باوند ft-lb) ملخص الصيغة والوحدات الشائعة لكميات الكينتك الأساسية سيناقش في الفصل الحافز سيكون موجوداً في القائمة (1-3).

الدافع(الحافز) Impulse

عندما تستعمل القوة على أية جسم، فالحركات الناتجة من الجسم لن تكون معتمدة على مقدار القوة المستعملة فقط، و لكنها أيضاً ستكون معتمدة على الاستمرارية أما مجموع القوة مع الزمن يعرف بـ الحافز أو الدافع.

- ✓ عزم الدوران torque : هو التأثير الدوراني للقوة.
- ✓ الدافع Impulse (الحافز): هو القوة مع الزمن الذي عنده يكون القوة مؤثرة.

نموذج (1-3) الوحدات الشائعة لكميات علم الكينتك

.COMMON UNITE FOR KIETIC QUANTITES

الكمية	الرمز	الوحدة المترية	الوحدة الإنكليزية
الكتلة	M	Kg	Slag
القوة	F	N	باوند
الضغط	P	Pa	PSI
الحجم	V	m3	ft3
الكثافة	d	Kg/m3	
الوزن المحدد		N/m3	باوند/قدم^3
عزم الدوران	T	w-m	قدم/باوند
الحافز	FT	N.S	باوند

ان التغير الكبير في حالة حركة المادة يمكن ان يحصل نتيجة لتأثير قوة صغيرة لفترة طويلة نسبياً او نتيجة لتاثير قوة كبيرة لوقت قصير نسبياً ،فمثلاً كرة الكولف التي تدور في العشب تفقد تدريجياً سرعتها نتيجة القوة الناتجة من احتكاك الدوران. سرعة كرة البيسبول المقذوفة بقوة بواسطة المضرب، تتغير نتيجة القوة الكبيرة السلطة بواسطة المضرب خلال جزء من الثانية لحظة الاتصال بالكرة أما عند أداء القفز العمودي فالاندفاع الأكبر المتولد مقابل الأرض هو بمثابة أقصى سرعة ارتقاء للقافز وأعلى قفز.

الأحمال الميكانيكية لقوى الإنسان

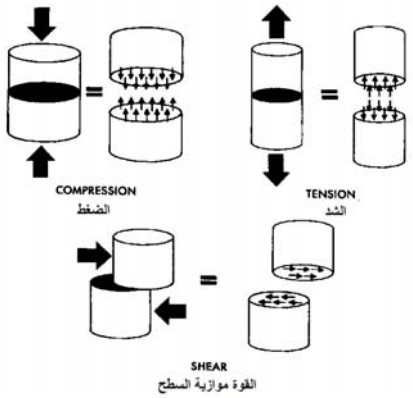
MECHANICAL LOADS ON THE HUMAN BODY

القوى العضلية وقوة الجاذبية و قوة كسر العظم المصطدم في حادث التزلج جميعها تتاثر بجسم الانسان بشكل مختلف. ومثلما سيوصف في الفصل القادم، فإن تأثير قوة معينة يعتمد على اتجاهها واستمراريتها إضافة إلى مقدارها.

توجد ثلاث أنواع من الأحمال :

1. الضغط Compression
2. الشد Tension
3. القوة الموازية للسطحShear

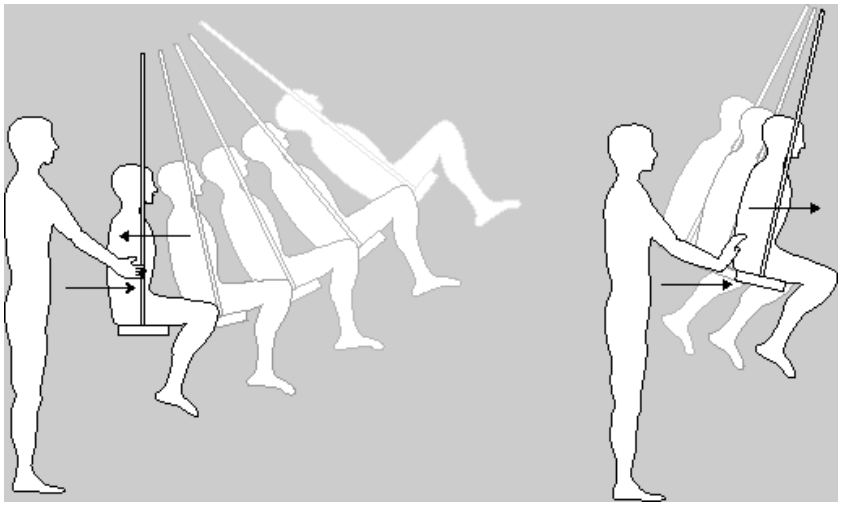
1. قوة الضغط أو الضغط مصطلح يطلق على القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحة من السطح الذي تؤثر عليه القوة (شكل6-3). ويمكن تفسيره بطريقة فعالة لضغط (وردة جوري) ووضعها داخل صفحات كتاب ووضع الكتب الأخرى أعلى ذلك الكتاب، فوزن الكتب سيؤدي إلى قوة ضاغطة على الأزهار، وبنفس الأسلوب، فوزن الجسم يؤثر كقوة ضاغطة على العظام.عندما يكون الجذع منتصباً، كل فقرة في العمود الفقري ستعزز وزن ذلك الجزء من الجسم.



(شكل 6-3) القوى المؤثرة على جسم الإنسان

2. قوة الشد : " Tension " نقيض قوة الضغط هي قوة التوتر أو قوة الشد (شكل 3-6) وهي عبارة عن قوة السحب التي تعمل على توليد شد في المادة في منطقة استعمالها.

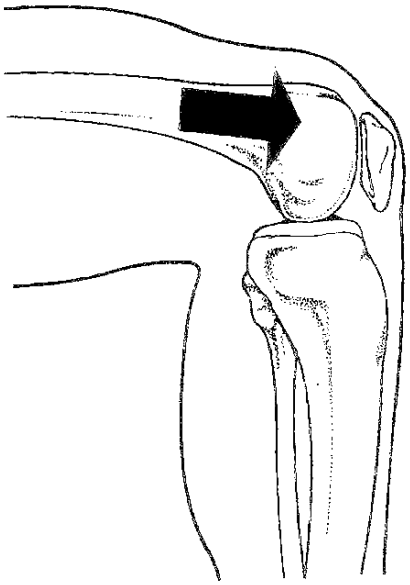
فعندما يجلس الطفل في أرجوحة، فوزن الطفل سيولد حالة الشد في السلاسل الساندة لها. الطفل الأثقل سيولد مستوى شد أكبر في الأرجوحة أما العضلات فتعمل على توليد قوة شد التي تسحب فوق العظام المتماسة.



وزن جسم الطفل يولد شد في السلاسل الساندة للأرجوحة.

3.القوة الموازية للسطح: يصطلح على النوع الثالث من القوة بمصطلح (shear) و هي القوة الموازية للسطح، فبينما تكون القوة الضاغطة و قوة الشد على طول المستوى الطولي أو بقية الجسم عند مكان استعمالها. فالقوة الموازية للسطح تأثر بشكل موازي أو مماسي للسطح. حيث تعمل على أحداث انزلاق المادة والانتقال و الحركة، أو يكون بقوة موازية بالتتابع مع قسم آخر من المادة (شكل6-3). وعلى سبيل المثال، فالقوة المؤثرة على مفصل الركبة بالاتجاه الموازي للدرنة الضنبوبية هي قوة(موازية) في الركبة.

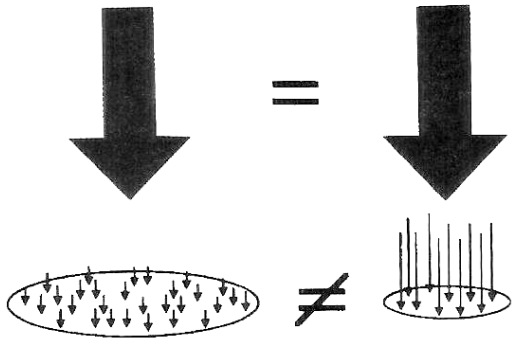
عند تنفيذ تمرين جلوس القرفصاء، فالمفصل يقطع الركبة بشكل أكبر عند جلوس القرفصاء الكامل، هذا الوضع يشكل كمية كبيرة من الضغط على الأربطة و أوتار العضلات التي تعمل على حماية رأس عظم الضنبوب من الانزلاق فوق عظم الفخذ (شكل 7-3).



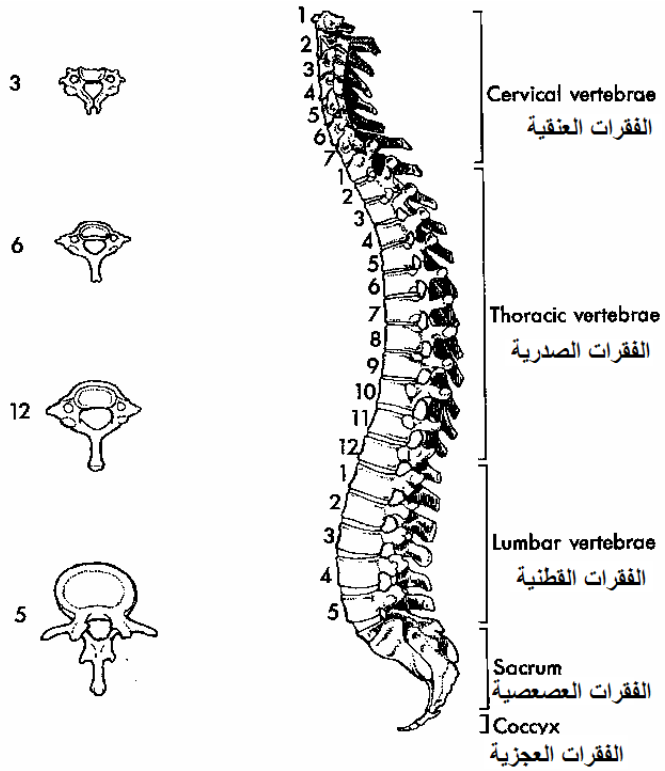
(شكل7-3) عند تنفيذ تمرين القرفصاء أو ثني الركب فالقوة السطحية على الركبة ستكون بأقصى حد عندما يكون ثني الركبة بأقصى حد، السهم يشير الى القوة السطحية على المفصل والناتجة عن قوة محورية في الفخذ.

الشد الميكانيكي Mechanical Stress

هنالك عامل آخر يؤثر على ناتج تأثير القوى على جسم الإنسان و هو الطريقة التي تتوزع بها القوة. و بينما يمثل الضغط توزيع القوة الخارجية على جسم صلب، فإن الشد يمثل توزيع القوة الناتجة داخل جسم صلب عند تأثير قوة خارجية. فالشد هو مثله مثل الضغط ذو كمية –القوة لكل وحدة مساحة تكون عندها القوة ذات تأثير. و كما هو واضح في (شكل 8–3)، فإن تأثير قوة معينة فوق سطح صغير ستعمل على توليد شد أكبر منه في قوة مماثلة تأثر على سطح كبير. فعندما تدعم الضربة عن طريق جسم الإنسان، فإن احتمالية إصابة نسيج الجسم ستصبح مرتبط بمقدار واتجاه الشد المتولد نتيجة الضربة. إن الشد الضاغط، الضغط التوتري و الضغط السطحي هي عبارة عن مصطلحات تشير إلى اتجاه الشد المؤثر ونتيجة لكون الفقرة الظهرية تحمل وزن اكبر من الفقرة الصدرية عندما يكون الشخص في وضع الوقوف.



(شكل8–3) كمية الشد الميكانيكي التي تنتج بواسطة قوة تعتمد على حجم المساحة التي تنتشر حولها القوة.



(شكل9–3) سطوح الأجسام الفقرية تزداد في منطقة المساحة التي تزيد باكبر وزن.

فمنطقيا يصبح الشد الضاغط في المنطقة الظهرية أكبر ومقدار الشد الموجود لا يتناسب بشكل مباشر مع كمية الوزن المحمول و ذلك لأن مساحة سطح الحمل في الفقرة السفلية هي أكبر منها في الفقرة السفلية العلوية من العمود الفقري .

مثال: ما كمية الشد الضاغطة الموجود على الفقرة L1،L2 من الفقرات القطنية لامرأة تزن 625 نيوتن ويعطي تقريباً 45٪ من وزن الجسم مدعوم بواسطة الفقرة (أ) عندما تقف في وضع تشريحي؟ (ب) عندما تقف حاملة حقيبة تزن 222 نيوتن.

(على فرض أن الفقرات عموديا و مساحة سطحه هو 20سم2).

الحل:

ا.المعلوم

F=625نيوتن×0.45

A=20سم2

الضغط=F/A

$$\text{الضغط} = \frac{(٦٢٥\text{نيوتن})\ (٠.٤٥)}{٢٠\ \text{سم}^٢}$$

الضغط = ١٤ نيوتن/سم٢

ب. المعلوم

F=(625نيوتن)(0.45)+222نيوتن

الضغط=F/A

$$\text{الضغط} = \frac{(٦٢٥\text{نيوتن})(٠.٤٥)+٢٢٢\text{نيوتن}}{٢٠\ \text{سم}^٢}$$

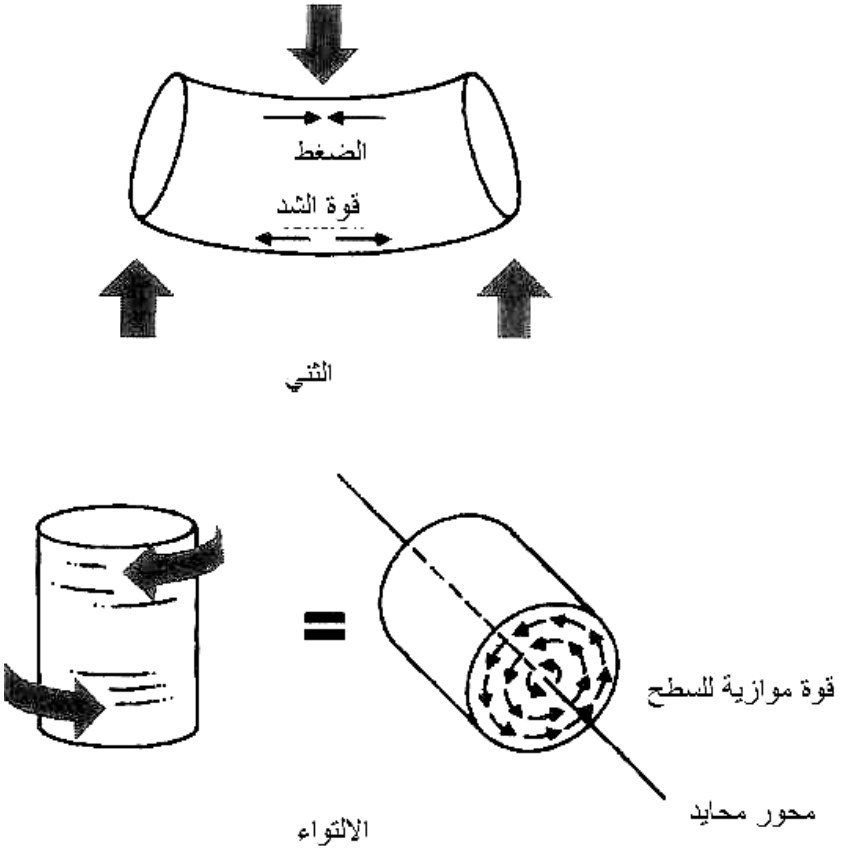
الضغط = ٢٥.٢ نيوتن/سم٢

الالتواء، الثني و الأحمال المركبة

Torsion, Bending, and Combined Loads

هنالك نوع من الأحمال أكثر تعقيد يطلق عليه الثني أو الانحناء. الضغط الصافي و الشد كلاهما قوى محورية تتجهان على طول المستويين الطوليين للتركيب المتأثر فعندما تكون القوة المستعملة قوة غير محورية(لا مركزية) فان التركيب سيحني مولدا شدا ضاغطا فوق احد الجانبين وشدا توتريا فوق الجهة المقابلة (شكل11-3). يحدث الالتواء عندما يلتف التركيب التوائه حول محوره الطولي و عندما تكون إحدى نهايته ثابتة. الكسور الالتوائية التي تحدث في عظم الضنبوب ليست شائعة في لعبة كرة القدم و حوادث التزلج التي تكون عندها القدم في وضع ثابت بينما تكون بقية الجسم في حالة الالتواء.

- ✓ الانحناء Bending: حمل ينتج شد على جانب واحد من المستوي الطولي للجسم و ضغط على الجانب الآخر
- ✓ المحوري Axial: بشكل مباشر على طول الخط الطولي للجسم.
- ✓ الالتواء Torsion: حمل يودي الى التفاف الجسم حول محوره الطولي.
- ✓ الحمل المركبCombined loading: حركة متزامنة من أكثر من شكلين من الحمل.
- ✓ الحمل التكراري Repetitive loading: حدوث حمل اقل حده متكرر ويكون اقل قوة نسبيا.
- ✓ الحمل الحاد Acute loading: حدوث قوة مفردة بحجم كافي لحدوث إصابة للأنسجة البيولوجية.



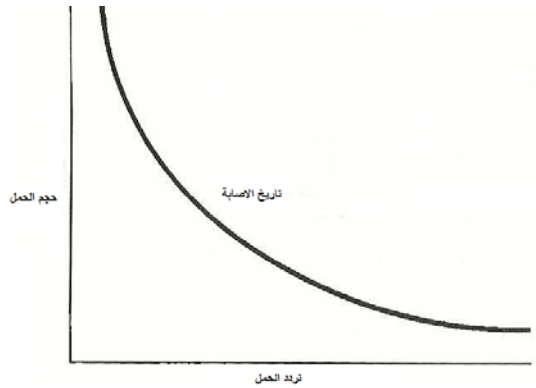
(شكل 11-3) المواد ذات الحمل عند الثني معرضة للضغط في جانب و الشد على الجانب الآخر،ضغط القوة السطحية يرتفع في المواد ذات الحمل عند الالتواء مع أقصى ضغط في المحيط الخارجي ودون ضغط عند المحور المحايد او المعادل.

مواجهة الأحمال الحادة والمتكررة

Repetitive versus Acute Loads

من المهم التمييز بين الحمل الحاد والحمل المتكرر فعندما تؤثر قوة كبيرة بشكل كافي على الأنسجة البيولوجية ،فحينها يطلق على الإصابة بالحادة ويطلق على القوة المسببة (المايكرتراما)

القوة الناتجة عن طريق السقوط، المسك في لعبة الركبي، و أية حادثة، حادث سيارة مثلا يمكن أنْ تكون كافية لكسر العظم، كذلك فالإصابة يمكن أنْ تحدث عن طريق التحميل المتكرر من القوى الصغيرة نسبياً. على سبيل المثال ففي كرة تضرب بها القدم الرصيف ستكون مؤكدة عند الركض أو قوة تعادل **2**– 3 مرات من وزن الجسم.



(شكل12–3) أسلوب أو طريقة حدوث الإصابة عند حدوث الحمل الأكبر و التكرار.

وعلى الرغم من ان هذا المقدار من القوة المنفردة لن يودي الى حدوث الكسور على الدوام ،فالتكرارات الكثيرة لقوة معينة يمكن ان تسبب الكسر في عظم صحيح في مكان ما من الطرف السفلي . وعندما يكون الحمل المتكرر أو الحمل المزمن أكثر من فترة الزمن، ستحدث الإصابة ويطلق عليها (الإصابة المزمنة) أو (إصابة الإجهاد).

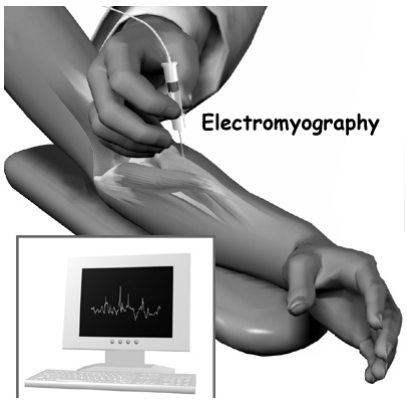
وأخيرا فان العلاقة بين حجم بقاء الحمـل،تردد الحمل،واحتمالية حدوث الإصـابة موضحة في (شكل12–3).

أدوات قياس كميات علم الكينتك (الحركية)
TOOL FOR MEASURING KINETIC QUANTITES

يستخدم الباحثين في علم البيوميكانيك جهاز لدراسة كل من القوى العضلية و القوى المتولدة بواسطة القدم. اتجاه الأرض عند المشي و سائر الفعاليات الأخرى. وفي معظم الاحيان تكتسب المعرفة من خلال ما تنتشره المجلات المهنية للمعلمين و الأطباء و أناس آخرين معنيين بدراسة حركة الإنسان.

الإلكترومايوكَرافي Electromyography

في القرن الثامن عشر أنجز العالم الإيطالي كالفاني (Galvani) اثنين من الاكتشافات حول عضلة الجمجمة (1) زيادة الشد عندما تحفز العضلة كهربائيا(2) ينتج أو يولد تيار أو فولتية عند زيادة الشد حتى لو كان المثير هو وتر عصبي.



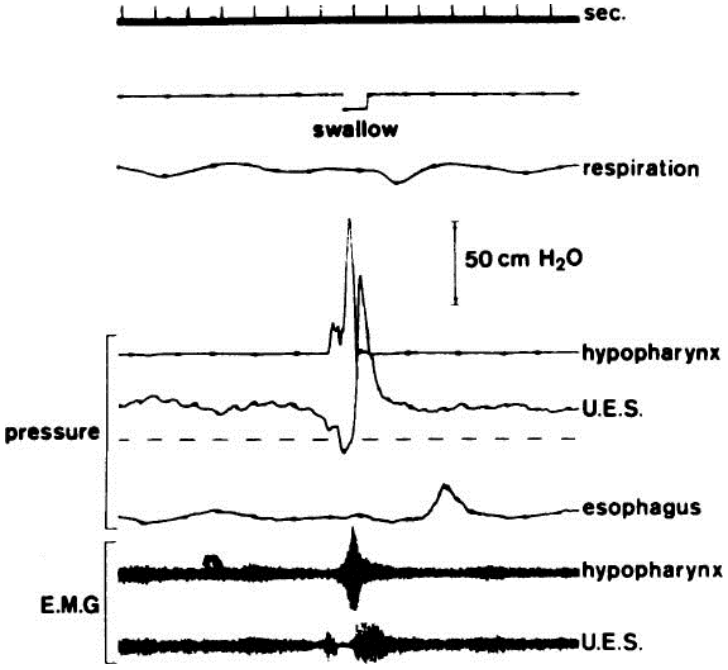
الاكتشاف الأخير هو القيمة العلمية الصغيرة لغاية القرن العشرين عندما أصبحت التكنولوجيا في متناول اليد لاكتشاف و تسجيل المهام الإلكترونية الدقيقة. باستخدام تسجيل النشاط الإلكتروني الناتج بواسطة العضلة. يعرف هذا الجهاز اليوم بـ (الإلكترومايوكَرافي) (EMG).

ويستخدم في الدراسة الوظيفة العضلية العصبية،متضمن تحديد العضلات التي يمكن أنْ يتطور الشد فيها و أي الحركات يظهر شد أكبر أو أقل من عضلة معينة أو مجموعة عضلات. كذلك يستخدم لتقييم سرعة توصيل العصب طبياً و استجابة العضلة في الارتباط مع التشخيص و إتباع الشروط الباثولوجية (المتعلقة بالأمراض) للفطام العضلي العصبي.

النشاط المايوالكتروني myoelectric activity

ويتم باستخدام تيار كهربائي أو فولتية يمكن ان يتولد عن طريق شد العضلة المتزايد حيث يتكون من مطبوع تصويري يوضح التغييرات في معدل حركة المفصل و النشاط المايوالكتروني المسجل من مجموعتين عضليتين.

استخدم العلماء كذلك تقنية (الالكترومايكرافيك) في دراسة طرق استجابة وحدات الحركة بشكل انفرادي لايعازات الجهاز العصبي المركزي.



تستلزم استخدام تقنية الاقطاب الكهربائية استخدام محولات طاقة الـ (Transducers) وهو جهاز توضيح الإشارة) و تعرف (Electrodes) (التي تستعمل على اظهار مستوى فعالية (مايوإلكترإلكتريك) الموجود في مكان معين لفترة زمنية وبالاعتماد على الأسئلة الهامة، فأما ان نستخدم الاقطاب السطحية أو يتم استخدام الأقراص ذات الخمس أسلاك حيث ان الاقطاب السطحية تتكون

من أقراص صغيرة لمادة موصلة. توضع على سطح الجلد فوق العضلة أو المجموعة العضلية لالتقاط حركة النشاط العضلي الالكتروني الكلي (مايوإلكتريك) و عندما نرغب بالالتقاط المركز تحقن الأقراص ذات الخمس أسلاك مباشرة في داخل العضلة.الناتج من الأقراص يكبر و يعرض صورياً و يعامل رياضياً وبالتالي و يخزن بواسطة الكمبيوتر.

- ✓ Transducers و هي أجهزة توضح الإشارة

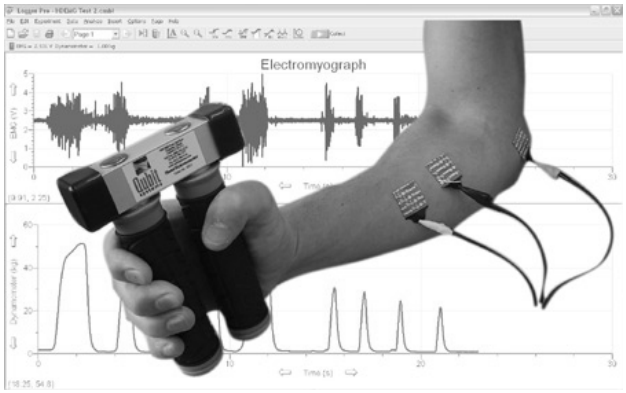
داينموكرافي Dynamography

العلماء ابتكر عدة أنواع من البرامج و الأنظمة القابلة للنقل لقياس القوى و الضغط على سطح القدم حيث استخدمت هذه الأنظمة و البرامج أساساً في بحث طريقة المشي و كذلك استخدمت في دراسة بعض الظواهر مثل البدايات، الارتقاء، الهبوط، مرجحة لاعب الكولف ولاعب البيسبول والتوازن. تلك الأنظمة التي تعطي تأريخ زمني تصويري للقوة المسجلة بالإضافة الى حساب الحافز على أنه المسافة تحت منحنى القوة– الزمن.

تتبنى هذه الأنظمة تجارب (أنظمة القوة و أنظمة الضغط) حيث توضح بقوة باتجاه مباشر مع سطح الارض موجهة داخليا الى جهاز الحاسوب الذي يقوم بدوره بعملية حساب الكميات الحركية(الكينتك) ومن ناحية التاثير تصمم انظمة القوة عادة لنقل رد فعل الارض عموديا وجانبيا وباتجاه خلفي وامامي بالنسبة للجهاز ذاته.

ويزود جهاز الضغط خرائط صورية وخرائط رقمية للضغط عبر السطوح المستقيمة للقدم اما جهاز القوة فهو جهاز معقد نسبيا وتتضمن تعقيداته صعوبات في اعداد المختبر والصعوبات الاساسية المتعلقة بالشخص الذي يقوم بتوجيه الجهاز.

ان الأنظمة المتنقلة لقياس القوى المستقيمة و الضغط متوفرة في نماذج محلية و مستوردة كأحذية آلية وأحذية، وناقلات سميكة تعمل على التصاق السطوح المستقيمة للقدم اضافة الى ذلك فان هذه الانظمة لها الفائدة في جميع البيانات خارج المختبر ولكنه يفتقر الى الدقة في هذه الاجهزة



أقراص EMG السطحية و هي أقراص سطحية تلتصق بشكل مباشر على الجلد فوق العضلة لقياس النشاط الكهربائي للأنسجة السفلية.

جبر المتجه VECTOR ALGEBRA

المتجه هو عبارة عن مقدار له قوة واتجاه وتمثل المتجهات برموز على شكل سهام. اما قوة المتجه تعني حجمه فعلى سبيل المثال الرقم 12 ذو قوة أكبر من الرقم 10 بالنسبة لميلان المتجه على الورق يمثل الاتجاه و طوله يمثل قوته.

ان القوة، الوزن،الضغط، الوزن المحدد إضافة الى عزم الدوران هي كميات متجهة حركية و انتقال من مكان إلى آخر. السرعة و التعجيل هي كميات متجهة حركية لا يمكن تعريفها بدون تشخيص الحجم و الاتجاه.

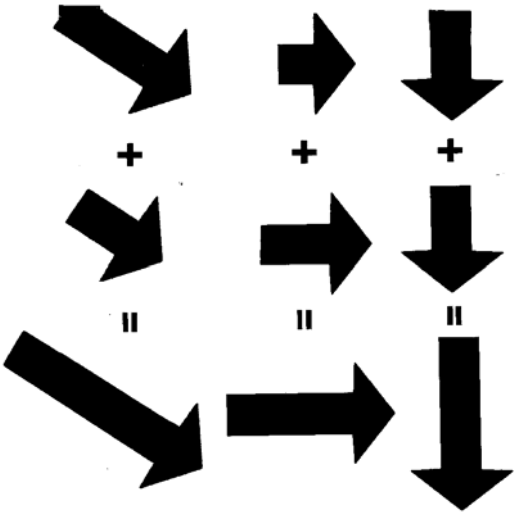
مقادير scalars تحتوي على حجم دون أنْ تحتوي على اتجاه خاص يتعلق بها. الكتلة، الحجم، الطول و السرعة هي أمثلة لكميات scalars.

- ✓ الكميات المتجهة Vector : الكمية الرياضية التي تحتوي على مقدار واتجاه.

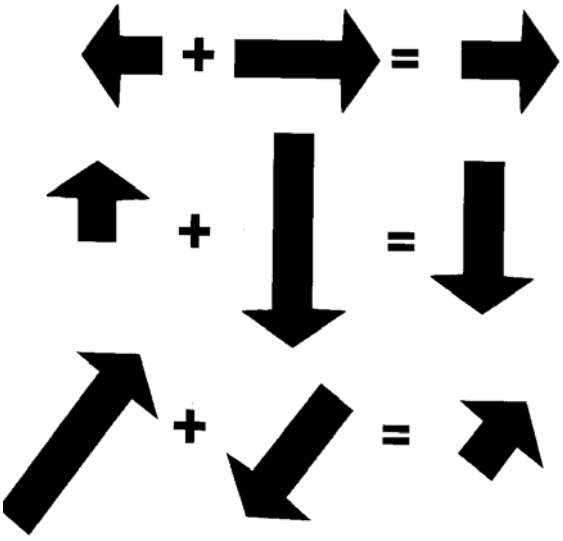
تشكيل المتجه (جمع) Vector Composition

عندما تضاف المتجهات إلى بعضها البعض تدعى العملية عملية جمع المتجهين. إنشاء متجهين أو أكثر لهما نفس الاتجاه ينتج في متجه منفرد له جسم معادل لكمية حجم المتجهات المضافة (شكل 13-3). المتجه المفرد جمع من تركيب متجهين أو أكثر ويعرف (المتجه الناتج) أما في حالة انحراف متجهين، باتجاهات مضادة فالناتج سيكون له اتجاه المتجه الأطول ومقداراً مساو للفرق في مقداري المتجهين الأصليين(شكل 14-3).

- ✓ الكميات غير المتجهة Scalar: عبارة عن كمية فيزياوية تتميز بان لها مقدار ولكنها لا ترتبط باتجاه معين..
- ✓ تركيب أو تكوين المتجه vector composition : عملية تحديد مؤشر منفرد من متجهين أو أكثر عن طريق إضافة متجه.
- ✓ المتجه Vector: كمية رياضية تحتوي على حجم واتجاه.
- ✓ المحصلة resultant:متجه منفرد ينتج من جمع المتجهات.



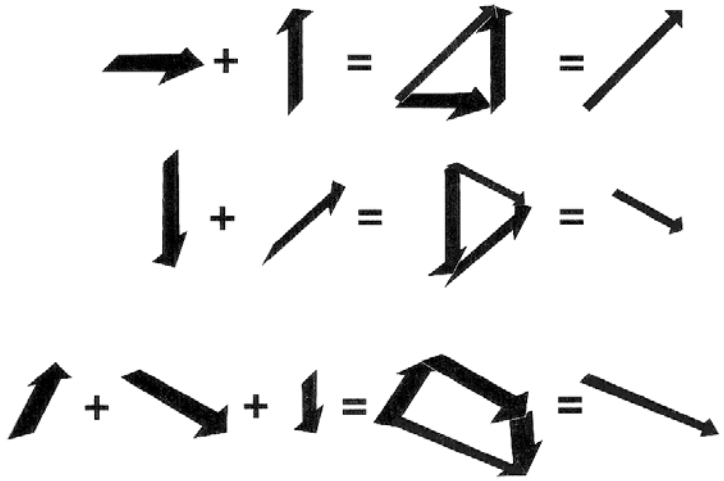
(شكل13–3)الناتج: متجه منفرد ينتج من جمع المتجهات



(شكل14–3) جمع المتجهات باتجاهات متقابلة يتطلب إسقاط أحجامها

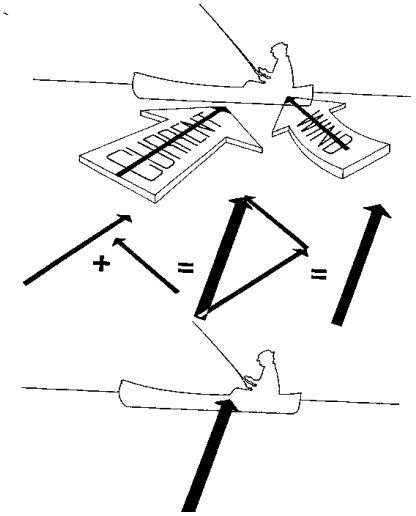
من الممكن إضافة المتجهات التي لا تنحرف بنفس الاتجاه أو باتجاهات متقابلة، و عندما تكون المتجهات مستوية، تحتوى في نفس المستوى والعملية التي يمكن أن تستخدم هي طريقة الرأس–إلى– الذنب و التي فيها ذنب المتجه

الثاني يتمركز على رأس المتجه الأول و الناتج برسم آنئذ بذنبه على ذنب أو مؤخرة المتجه الأول وقمته على قمة المتجه الثاني، يمكن أنْ تستخدم هذه العملية لتشكيل أي عدد من المتجهات إذا كان كل متجه متمركز بذنبه على قمة المتجه السابق الوسطي و الناتج بربط ذنب المتجه الأول إلى قمة المتجه الأخير(شكل 15-3).



(شكل15-3) طريقة القمة إلى الذنب في تشكيل المتجه

من خلال قوانين تشكيل المتجه، فنحن غالب ما نحسب أو نلاحظ بشكل جيد تأثير الناتج على كميات المتجه المشكل. فعلى سبيل المثال زروق الكانوي يسير في النهر هو موضوع لكل من قوة الجريان و قوة الرياح. إذا كان حجم و اتجاه هاتين القوتين معلوم فناتج القوة او محصلة القوة يمكن أنْ يشتق من خلال عملية جمع المتجه (شكل16-3) وزورق (الكانوي) سينحدر باتجاه صافي القوة أو محصلة القوة.



(شكل16-3) صافي القوة هو ناتج القوى المؤثرة

تحليل المتجه vector Resolution

ان عملية تحديد المركبات المتعامدة لكمية المتجه التي ترتبط بالمستوى الخاص أو التركيب غالباً ما تكون نافعة. فعلى سبيل المثال عندما ترمى الكرة في الهواء، فمركبة السرعة الأفقية تحدد المسافة التي يقطعها، أما مركبة السرعة العمودية فتحدد الارتفاع الذي تصله الكرة. فعندما يحلل المتجه الى مركبات متعامدة فالعملية تدعى أو تعرف بـ تحليل المتجه ومجموع مركبات المتجه تنتج دائماً ناتج يساوي المتجه الأصلي (شكل17-3)،لذلك فان المركبتين المتعامدتين ستكونان مختلفتين ولكنهما متساويتان للمتجه الاصلي.

تحليل المتجه Vector Resolution :هي العملية التي يستبدل فيها متجه منفرد بمتجهين متعامدين فتشكيل متجه من متجهين متعامدين ينتج المتجه الأصلي.

حل صوري لمشاكل المتجه

Graphic Solution of vector Problem

عندما تكون كميات المتجه موجودة في مستوى واحد. فيمكن أنْ يعمل المتجه صورياً ليعطي نتائج تقريبية. الحل التصويري لمشاكل المتجه يتطلب قياسي دقيق لميل و أطوال المتجهات لتقليل الخطأ. فعلى سبيل المثال، ا سم من طول المتجه يمكن أنْ يمثل 10 نيوتن من القوة. قوة 30 نيوتن يمكن أنْ تمثل بمتجه بطول 30سم وقوة 45 نيوتن يمكن أنْ تمثل بمتجه وبطول 4,5 سم .

حل بياني لمسائل المتجه

Trigonometric Solution of vector Problem

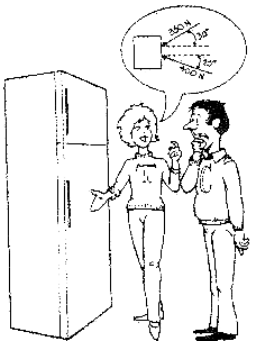
ان الطريقة الأكثر دقة للتعامل مع مسائل المتجه كمياً تتطلب تطبيق المبادئ البيانية أو الهندسية و من خلال استخدام العلاقات الهندسية بالامكان التخلص من عملية قياس مملة بطبيعتها ترسم بها متجهات القياس(انظر ملخص ب) (شكل 18-3) يعطي مثال للحلول التصويرية والهندسية باستخدام كميات المتجه هنالك عمليات رياضية للإضافة والنقصان .

- ✓ الحل الرياضي mathematic solution و الهندسي لمشاكل المتجه هو أكثر دقة و أقل ملل.

(شكل 17-3)

يمكن أن تحلل المؤشرات إلى صورة أجزاء متعامدة. تركيب المؤشر لكل زوج متعامد ينتج المؤشر الأصلي

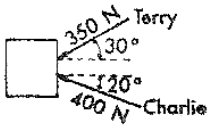
شكل 18-3 يجب على تيري و جارلي أن ينقلا الثلاجة إلى مكان آخر فكلاهما يدفع بشكل موازي إلى الأرض. تيري يدفع بقوة 4 نيوتن وجارلي يدفع بقوة 3.5 نيوتن كما موضح في المخطط الأسفل.



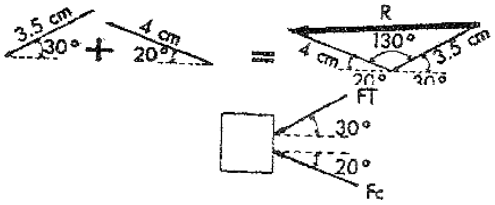
ما هو مقدار ناتج القوتين عن طريق تيري وشارلي؟

إذا كانت كمية الاحتكاك المضادة لاتجاه حركة الثلاجة 700 نيوتن. هل كليهما قادرين على تحريك الثلاجة؟

الحل التصويري

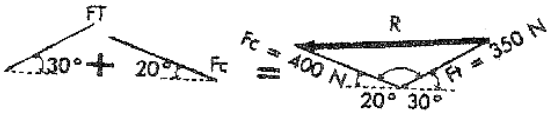


استخدم قياس 1سم – 100نيوتن لقياس طول الناتج.



طول الناتج هو 6,75 تقريباً أو 675 نيوتن.

عندما تكون القوة675 نيوتن700 نيوتن، سيكونان قادرين على نقل الثلاجة.



الحل الرياضي

المذكور: ft=450 نيوتن

ft = 400 نيوتن

المطلوب، مقدار القوة الناتجة

المستوى العمودي المخطط حر

الصيغة:

س2 = أ2 ب2 – 2(ا)(ب)cos (قانون الجيب)

ر2 = 2350+2400 = 2(400)(350)cos130

ر = 680 نيوتن

في حالة 680 نيوتن أقل من 70 نيوتن، فسوف لن يكونان قادرين على نقل الثلاجة ما لم يزيدا من القوة المتجمعة عندما يدفعان في هذه الزوايا الخاصة. (إذا دفع تيري و شارلي بزاوية 90٪، فستكون قوتيهما كافية لتحريكها).

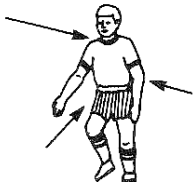
ملخص SUMMARY

يعرض هذا الفصل أفكار أساسية تتعلق بعلم الكينتك، وتتضمن الكتلة، وكمية المادة التي تركب الشيء والقصور الذاتي وميل الجسم للمحافظة على ثبات حركة الجسم،الوزن، قوة الجاذبية المسلطة على الجسم، كمية القوة الموزعة على المنطقة،الحجم اضافة الى قوة وعزم الدوران وتوجد هنالك عدة أنواع من الأحمال التي تؤثر على جسم الإنسان، منها الضغط، الشد، الثني والالتواء، و بشكل عام بعض تراكيب أشكال هذه الأحمال موجودة اما توزيع القوة داخل تركيب الجسم فيطلق عليه بالشد الميكانيكي اما بالنسبة لطبيعة و مقدار الشد فيحدد مدى احتمال حدوث الإصابة في الأنسجة البيولوجية.

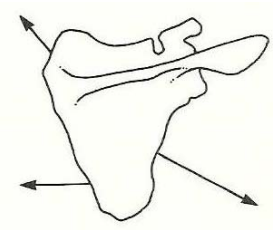
واخيرا فان كميات المؤشر لها مقدار و لها اتجاه. أما مقادير العدادات scalar فلها مقدار فقط ويمكن حل مسائل كميات المؤشر باستخدام الطرق الهندسية أو التصويرية. من خلال استخدام الطريقتين فإن من الأفضل إجراء الطريقة الهندسية لكونها أكثر دقة و أقل ملالاً.

اختبر معلوماتك

1. ما كمية القوة الواجب استعمالها لكرة مطاطية تزن 0.5، كيلوغرام في هوكي الجليد لإعطائها تعجيل بقيمة 30 م/ث2؟ الجواب: 15 نيوتن.
2. لاعب الركبي الذي يحتك بثلاثة خصوم في نفس الوقت يسلطون قوى بمقادير واتجاهات موضحة في المخطط في جهة اليسار باستخدام الحل التصويري وضح مقدار واتجاه القوة الناتجة؟



3. استخدام الحل التصويري، ارسم مؤشرات قوة العضلة لإيجاد محصلة تاثير القوة على عظم الكتف في الورك الأجزاء العمودية و الأفقية للمؤشرات الموضحة في الأسفل.



4. حصيرة أرض الجمباز تزن 220 نيوتن أبعادها 3م×4م×0,04م، ما هو الضغط الحاصل من الحصيرة على الأرض؟ الجواب: 33,18 Pa.
5. ما مقدار قوة الشد في لعبة شد الحبل اذا كانت القوى المؤثرة على الحبل مختلفة المقدار متعاكسة الاتجاه
6. ما حجم صندوق الحليب بجوانب 25سم، 40سم و 30سم؟ الجواب: 30,000سم3
7. اختر ثلاث مواد و خمن حجم كل منها. واكتب قائمة للأبعاد التقريبية التي استخدمتها في صياغة تخميناتك.
8. إذا كانت محتويات الصندوق الموصوف في المسالة 7 يزن 120 نيوتن فما هو معدل الكثافة و الوزن المحدد للصندوق و المحتويات؟ (الجواب 0,0004كيلوغرام/سم2 و 0,004 نيوتن/سم3)
9. طفلين يجلسان في مكانين متقابلين في أرجوحة متحركة، (جوي) الذي يزن 220 نيوتن. يجلس على بعد 1,5م عن محور الارجوحة. و سوزي تزن

200 نيوتن و هي جالسة على بعد 1,7 عن محور الأرجوحة، ما هو عزم التدوير الناتج على المحور بواسطة كلا الطفلين؟ في أي اتجاه ستميل الأرجوحة؟ الجواب:جوي 30,3 نيوتن.م، سوزي 340نيوتن/م نهاية سوزي.

10. ما هي كتلة جسمك بالكيلوغرام؟

11. قوة الجاذبية على كوكب X هي 40٪ من ما موجود منها على الأرض فإذا كان وزن شخص ما على الأرض هو 667,5، فما هو وزن ذلك الشخص على الكوكب X؟ ما هي كتلة هذا الشخص على الكوكب والأرض؟ الجواب على الكوكب x = 267 نيوتن، الكتلة = 68 كيلوغرام على كوكب آخر.

12. لاعب كرة قدم يحتك بالتزامن مع بـ اثنين من الماسكين، الماسك الأول يبذل قوة مقدارها 400 نيوتن و الماسك الثاني يبذل قوة قدرها 375 نيوتن، في حالة كون القوتين متعامدتين الواحدة على الأخرى، فما هو حجم و اتجاه القوة الناتجة المؤثرة على اللاعب؟ الجواب: 548نيوتن في زاوية 43درجة إلى خط التأثير للاعب الأول.

13. قافز الفضاء يزن 75 كغم في سقوط حر.معرض إلى ريح عرضية بقوة 60نيوتن و إلى مقاومة هواء أفقية بقوة 100 نيوتن. صف القوة الناتجة المؤثرة على القافز (الجواب: 638,6 نيوتن، بزاوية ،4 درجة أفقياً).

14. يستخدم الحل الهندسي لإيجاد المقدار الناتج للقوى المستوية التالية: 60 نيوتن في 90 درجة ، 80 نيوتن في 120 درجة و 100 نيوتن في 270 درجة (الجواب: 49,57 نيوتن).

15. إذا وزع 37٪ من وزن الجسم فوق سطح علوي لقرص فقري داخلي، و المساحة العلوية للقرص هي 25سم2، ما كمية الضغط المسلط على القرص الخاص بوزن جسم الرجل يزن 930 نيوتن؟ (الجواب: 13,8 نيوتن/سم2).

16. في نواة القرص الفقري الداخلي يعادل الحمل الضاغط 1,5 من الحمل الخارجي المستعمل اما في الليف الخلفي فتعادل القوة الضاغطة 0,05 من الحمل الخارجي، ما مقدار الأحمال الضاغطة على nucleus pulposus

نواة القرص الفقري و على الليف الخلفي من القرص الفقري الداخلي لرجل يزن 930 نيوتن حاملاً بين أكتافه عارضة بوزن 445 نيوتن مع العلم بأن 37٪ من وزن الجسم موزع على القرص؟ الجواب: 1183 نيوتن:تأثر على nucleus pulposus و 394 نيوتن تأثر على الليف الحلقي.

17. خمن حجم جسمك، كوّن لائحة تعرض الأبعاد التقريبية للجسم المستخدمة في صياغة تخمينك .

18. أدناه كتلة او وزن و حجم، كل من المواد التالية، رتب بالتسلسل طبقاً لكثافاتها.

المادة	الوزن و الكتلة	الحجم
A	50kg	$15.00in^3$
B	90lb	$12.00\ cm^3$
C	3 slugs	$1.50ft^3$
D	450 N	$0.14m^3$

19. عضلتان تزيدان أو ترفعان الشد في نفس الوقت على جانبين متقابلين لمفصل العضلة (أ) تمس 3 سم من محور الدوران على المفصل مسلط قوة بمقدار 250 نيوتن. العضلة (ب) تمس 2,5سم من محور المفصل وتسلط قوة بمقدار 260 نيوتن. ما هو عزم الدوران المتولد على المفصل بواسطة كل عضلة؟ماهي محصلة عزم الدوران على المفصل؟في أي اتجاه ستحدث حركة المفصل (الجواب: أ/ 7,50ن–م ب/6,5ن– م؛ و محصلة عزم الدوران تساوي 1ن–م في اتجاه أ.

20. استخدم المسطرة لقياس أبعاد نعل إحدى حذائيك بالسنتمتر.و كن دقيقاً قدر الإمكان، احسب تخمين ساحة سطح النعل، إذا كان المحيط الداخلي متوفر استخدمه لتحلل مساحة السطح بشكل أكثر دقة في التحري عن المحيط الخارجي للنعل، اعرف وزن جسمك. احسب كمية الضغط المبذول على نعل

إحدى حذائيك. ما معدل التغير الذي سيتبع تغير وزن جسمك بـ 22 نيوتن (5 باوند).

21. حاوية كبيرة مملوءة 4/3 من الماء لقياس و تسجيل وزنه. لتحليل حجم مادة من ناحية الأهمية اغمر المادة تماماً في الحاوية وماسكا إياها أسفل السطح. سجل التغير في الوزن على المقياس. انقل المادة من الحاوية. اسكب بحذر الماء من الحاوية نحو قدح قياسي حتى تزن الحاوية وزنها الأصلي أقل من وزن التغير المسجل، حجم الماء في قدح للقياس هو حجم المادة المغمورة.

22. ثبت إحدى نهايتي قلم بإحكام بواسطة ملزمة أو ماسكة. و أمسك بإحكام النهاية الثانية. يحتاج ربط و نستعمل ببطء حمل شد على القلم حتى يبدأ ينكسر. نراقب صنيعة الكسر. على أي جانب بدأ القلم ينكسر؟ هل القلم أقوى في مقاومة الضغط أو الشد؟ أعد التمرين مستخدماً قلماً آخر و استعمل الحمل الالتوائي (الفتل). ما طبيعة الكسر الأول بالإشارة إلى توزيع توزيع شد القوة الموازية داخل القلم؟

23. تجربة بدفع فتح باب معينة باستعمال القوة بإصبع واحد. استعمل القوة على مساحة 10سم 20سم 30سم و 40سم بعد عن نرماد الباب. اكتب إنشاء ملخص موضحاً فيه أي المناطق الأصعب، الأسهل من عملية فتح الباب.

24. قف على مدرج الحمام و نفذ قفز عمودي مع شخص آخر و لاحظ اسلوب تغير الوزن المسجل على المقياس. أعد القفز عدة مرات لزميلك لتحديد الطريقة. علم المواقع و راقب طريقة تغير الوزن عندما ينفذ زميلك. و بالإشارة مع زميلك، ارسم تخطيطاً للتغير في القوة المبذولة.المحور العمودي خلال وقت والمحور الأفقي عند تنفيذ القفز العمودي، ما هي المساحة أسفل المنحني؟

25. عند ربط جسم في حبل وشده فانه ينشأ في الحبل قوة شد لماذا يعد الحبل في الغالب عديم الكتلة مقارنا مع كتلة الجسم وغير مرن وإذا مر الحبل على بكرة فانه يذكر في السؤال دائما أنها خفيفة (عديمة الكتلة) وملساء.