العتلات Levers :

تعرف العتلة ميكانيكيا كونها عبارة عن جسم صلب شفت او بار يدور حول محور معين وتتالف من ثلاث نقاط رئيسية وهي القوة Force و المقاومة Reaction & Resistance والمحور Axis حيث تظهر نقاط تاثير عمل القوة وعمل المقاومة عموديا بالدوران حول نقطة ثابتة وهي المحور او نقطة الارتكاز ، وتصنف من ضمن الحركـــات الدائرية لان لها انصاف اقطار ، وجسم الانسان بطبيعته له جهاز حركي يعمل شبيه بعمل نظام العتلات ، فالعظام هي المادة الصلبة التي تؤثر عليها القوة العضلية المرتبطة بها لكي تدورها. وللعتلات عدة فوائد ميكانيكية (حركية) .

أما قانون الفائدة الميكانيكية (**Mechanical Advantage**) فهو :

قانون الفائدة الميكانيكية (ربح القوة) = المقاومة \ القوة

أو ذراع القوة \ ذراع المقاومة

وكلما كانت النتيجة اقل من الـ (1) تكون هناك ربح بالسرعة وعندما تكون النتيجة اكبر من (1) فيكون هناك ربح في القوة واذا كان الناتج (1) فهنا يكون لا ربحا بالقوة ولاربحا بالسرعة أي هناك تعادل بالقوى ، وممكن أن نرمز للفائدة الميكانيكية بـ **(MA)**.

أي ان : MA=R/F & AF/AR

أما اذا كانت الفائدة الميكانيكية ربح بالسرعة فيكون القانون كالتالي:

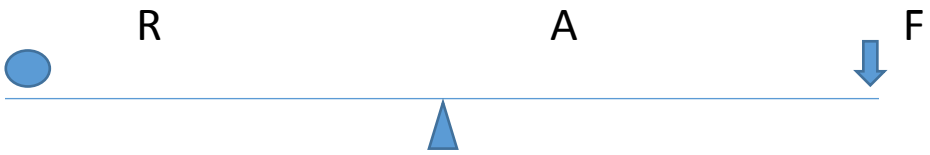
ربح السرعة = القوة\ المقاومة

MA= F / R

و توجد ثلاث انواع من العتلات ولكل نوع فائدتها الميكانيكية وحسب موقع نقاط العتلة الرئيسية الثلاث وكما موضح ادناه :

2-3-1 عتلات النوع الاول First class lever :

- يكون فيها موقع محور الدوران نقطة الارتكاز يقع بين نقطتي القوة والمقاومة الشكل (9).



الشكل (9)

عتلة من النوع الاول

الفائدة الميكانيكية :

وغالبا ما يحصل فيها حالة توازن لان طول ذراع القوة يساوي طول ذراع المقاومة او حاصل ضرب القوة في ذراعها يعادل حاصل ضرب المقاومة في ذراعها اي ممكن ان يكون عزم القوة يساوي عزم المقاومة وستنعدم العتلة في هذه الحالة من فائدتي السرعة والقوة .

أي ان عزم القوة = عزم المقاومة في حالات التوازن بغض النظر عن عن نوع العتلة . وأن العزم Moment هو التاثير العمودي للقوة أي ان عزم القوة هو كمية متجهة لها نفس مواصفات القوة الميكانيكية من حيث المقدار والاتجاه ونقطة التاثير والزمن ويختلف عنها بان له بعد او مسافة عمودية

بين نقطة تاثير القوة ومحور الدوران تسمى بذراع القوة وفي حالة المقاومة تسمى بذراع المقاومة وكما مبين ادناه:

عزم القوة (F) = القوة(F) ×ذراعها (AF)

حيث (AF) يمثل المسافة العمودية بين القوة والمحور.

وأن عزم المقاومة (R) = المقاومة(R)×ذراعها(AR)

حيث (AR) يمثل المسافة العمودية بين المقاومة والمحور.

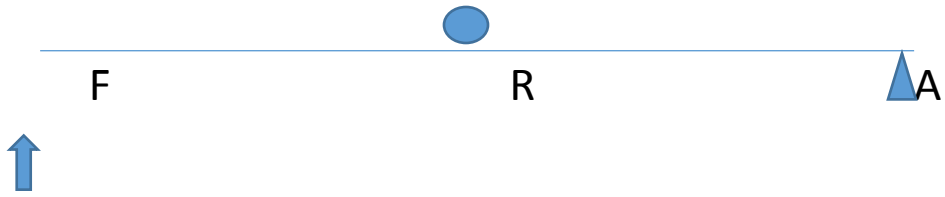
أن دوران العتلة مع عقرب الساعة ستأخذ الاشارة سالب والدوران عكس عقرب الساعة ستأخذ الاشارة موجب .

وحسب نظرية الروافع وحتى تتزن العتلة فأن:

القوة ×ذراعها = المقاومة ×ذراعها ..... القانون الاول في الاستاتيكة

2-3-2 عتلات النوع الثاني Second class lever :

يكون موقع المقاومة فيها بين المحور والقوة كما في الشكل (10).



الشكل (10)

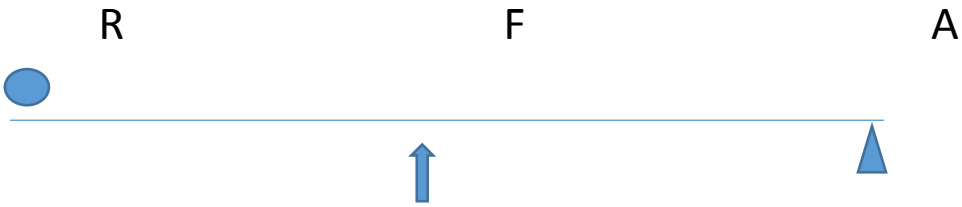
عتلة من النوع الثاني

الفائدة الميكانيكية :

الاقتصاد في الجهد و القوة لان ذراع القوة اطول من ذراع المقاومة .

2-3-3 عتلات النوع الثالث Third class lever :

يكون فيها موقع القوة بين المقاومة والمحور كما في الشكل (11) ، لذلك تكون فائدتها الميكانيكية زيادة بالسرعة ومدى حركي اوسع لان ذراع المقاومة اطول من ذراع القوة .



الشكل (11)

عتلة من النوع الثالث

ملاحظة:

بعد ان رمزنا الى القوة Force (F) و المقاومة Resistance (R) والمحور Axis (A) ممكن ان نتعرف على نوع العتلة من خلال التعرف على موقع احد احرف مكونات الكلمة التالية (ARF) والتي تمثل احرفها بداية كل متغير من متغيرات العتلة

الرئيسية حيث اذا جاء (A) والذي تسلسه الاول في الكلمة انفة الذكر فأن موقعه هنا والذي يكون بين القوة (F) والمقاومة (R) وعليه فأن العتلة تكون من النوع الاول ، وهكذا اذا كان موقع (R) والذي تسلسه االثاني في الكلمة انفة الذكر (ARF) فأن موقعه هنا والذي يكون بين القوة (F) والمحور(A) وعليه فأن العتلة من النوع الثاني ، وايضا اذا كان موقع (F) والذي والذي تسلسه الثالث في الكلمة نفسها اعلاه (ARF) فأن موقعه هنا والذي يكون بين القوة (A) والمقاومة (R) وعليه فأن العتلة تكون من النوع الثالث ،مما يساعد الطالب في تحديد نوع العتلة المراد التعرف عليها بسهولة تامة وعليه تعتبر قاعدة اساسية بهذا الاتجاه.

2-4 عمل العتلات في جسم الانسان:

- أن العظام في جسم الانسان تقوم عادة بمقام العتلات .
- فالمفاصل هي محور الدوران.
- وأندغام العضلة هي القوة.
- اذن العظم اصبح ذراعا للمقاومة.

عندما يقوم أي شخص بتحريك أرجله أو أذرعه أو أي جزء من جسمه فهو في الحقيقة يحرك مجموعة عضلية مناسبة في حين تعمل العظام كسلسلة من العتلات فالعظام في جسم الإنسان تلعب دور العتلات وهي أدوات ميكانيكية فائقة الصنع كما هو الحال في الأذرع والرجلين والتي تُدعم بقوى هي القوى العضلية و

القوة العضلية تعرف بايوميكانيكياً بانها قدرة مجموعة من العضلات على احداث عزم حول محور معين لمفصل معين.

وان عمل العظام كعتلات في الجسم يؤدي لفوائد ميكانيكية مهمة في الجسم البشري (mechanical advantage) ومعناها قياس عدد المرات التي تستطيع فيها هذه الآلة البسيطة من مضاعفة الجهد المطبق على الحمل فالعتلة من النوع الأول والثاني فوائد ميكانيكية معتبرة بينما تزيد العتلة من النوع الثالث من المسافة والسرعة ولكنها لا تزيد من القوة .

ان تطبيقات العتلات على جسم الانسان تنحصر كالتالي:

1- لاتوجد في جسم الانسان نفسه عتلة من النوع الاول وذلك لان العتلة محورها على العظم نفسه ، ولاتوجد عظام مثقوبة من المنتصف.
2- العتلة من النوع الثاني موجود فقط في عضلات القدم ويعتمد ذلك على موقع الاتزان .
3- جميع العضلات في جسم الانسان تعمل مع العظام عتلات من النوع الثالث أي ان ذراع القوة فيها قصير فهي عتلة ذات فائدة في المدى الحركي اوفائدة في السرعة .

امثلة :

1- : ما مقدار (**F**) المطلوبة لاتزان عتلة من النوع الاول اذا علمت ان الوزن الموضوع على الطرف الاول مقداره (20 نيوتن) ويبتعد بمقدار (1متر) عن المحور وان الطرف الاخر القوة تبتعد بمقدار (2متر) عن نفس المحور.

الحل :

نرسم العتلة وهي من النوع الاول وحسب معطيات السؤال :

شكل (12)

$$F \times AF = R \times AR$$

$$F \times 2 = R \times AR$$

$$F = (1 \times 20) / 2$$

$$F = 10 \text{ N}$$

2- ما مقدار القوة اللازمة؟ لرفع ثقل مقداره (70 N) يبتعد عن المحور بـ (0.30 m) علما أن طول العتلة يعادل طول ذراع المقاومة و القوة تبتعد عن المقاومة بـ (0. 25m) ، ثم حدد من خلال الرسم نوع هذه العتلة و بين فائدتها الميكانيكية ؟.

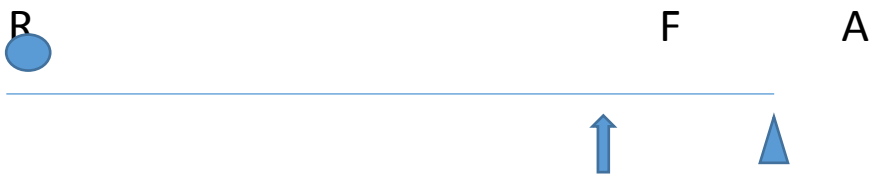
الحل :

لمعرفة نوع العتلة لابد من رسم شكلها وهذا يعتمد على المعطيات المذكورة بالسؤال ، وهنا يتبين ان طول العتلة هو نفسه طول ذراع المقاومة لذلك نستخرج طول ذراع القوة:

نلاحظ ان طول ذراع المقاومة = 0.30

وبما ان القوة تبتعد ب 0 . 25m اذا يتبين من ذلك بان ذراع القوة اقصر من ذراع المقاومة وممكن معرفة طول ذلك الذراع من خلال معرفة الفرق بين الطولين وعليه فان :

0.30 – 0. 25 = 0.0 5m طول ذراع القوة (AF).



شكل (13)

العتلة من النوع الثالث

و بالعودة للقانون الاول بالاستاتيكية الخاص بعزوم القوى

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

القوة(F) × ذراعها (AF) = المقاومة(R)× ذراعها(AR)

$$F \times AF = R \times AR$$

$$F = \frac{R \times AR}{\mathrm{AF}}$$

$$= \frac{70 \times 0.30}{0.05}$$

$$= \frac{210}{0.05}$$

$$F = 420 \text{ N}$$

أما الفائدة الميكانيكية (Mechanical Advantage) لهذه العتلة :

قانون الفائدة الميكانيكية = المقاومة / القوة أو ذراع القوة / ذراع المقاومة

وممكن نرمز للفائدة الميكانيكية بـ (MA).

أي ان :

MA=R/F & AF/AR

لذلك هنا :

= 70/420

=0.166

اذا هناك ربح في السرعة لان القيمة اقل من (1)

3- Lever من النوع الاول ، كان مقدار الـ **R** (200N) وتبتعد عن Axis بـ(0.10m) وكان طولها (0. 30m) ، اوجد الـ Force اللازمة لها ؟ معززاً اجابتك بالرسم .

الحل:

طول ذراع القوة (AF) =0.30−0. 10

طول ذراع القوة (AF) =0 .20 m

شكل (14)

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

$$F \times AF = R \times AR$$

$$F = \frac{R \times AR}{\mathrm{AF}}$$

$$F = \frac{200 \times 0.10}{0.20}$$

$$F = 100\ \mathrm{N}$$

= 100 نيوتن مقدار القوة اللازمة لهذه العتلة.

وهنا ربح بالقوة لان ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة ويمكن الاستدلال على ذلك من خلال تطبيق قانون معرفة الفائدة الميكانيكية :

MA=R/F

MA=200/100

MA = 2

بما انه النتيجة اكبر من (1) فهناك ربح في القوة

ملاحظة :

هناك بعض الملاحظات حول عمل العتلات في جسم الانسان و هي :

* العضلة تكون في اقصى شد عندما تكون الزاوية(90) درجة بين نقطة اندغامها والعظم ، وذلك للاسباب التالية:

* ان جيب الزاوية (90) درجة هو(1) مما يعني ان اية قيمة تضرب في جيبها تبقى مثلماهي على عكس الزوايا الاقل او الاكبر من (90) درجة اذ تقل قيمها.

- ان المركبة تكون عمودية في الزاوية (90) درجة في حين ان اية زاوية اقل من(90)درجة او اكبر تحلل الى مركبتين عمودية وافقية مما يؤدي لضعف اتزان المركبة العمودية.
- ان ذراع القوة يكون في اقصى امتداد له اذا كانت الزاوية (90) درجة اما اذا رفعنا الذراع او خفضناها تغيرت قيمة الامتداد العمودي للمسافة بين القوة والمركز.
- انه في حالة وجود القوة العمودية يكون العزم حول محور الدوران ويساوي:

القوة × المسافة العمودية

ومعلوم ان :

$$\text{جا الزاوية } (\sin) = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$\text{جتا الزاوية } (\cos) = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$$

مثال 1:

احسب العزم Moment المتولد على مفصل المرفق اذا علمت ان الشد الموجود على العضلة ذات الرأسين العضدية تقدر(400) نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار (60) درجة وان نقطة تاثيرالقوة تبتعد بمقدار (0.05) متر عن مفصل المرفق .

القوة العمودية = القوة العضلية × جيب الزاوية

العزم = القوة العمودية × ذراعها

عندما تكون الزاوية قائمة فأن القوة العضلية تساوي القوة العمودية

القوة العمودية = 400 × جيب الزاوية 90 درجة

= 400 × 1

= 400 نيوتن

اما عندما تكون الزاوية بين العظم (جسم الرافعة) والقوة العضلية اقل او اكبر فان القوة العمودية اقل من القوة العضلية

القوة العمودية = 400 × جيب الزاوية 60 درجة

= 400 × 0.86

=346.41 نيوتن

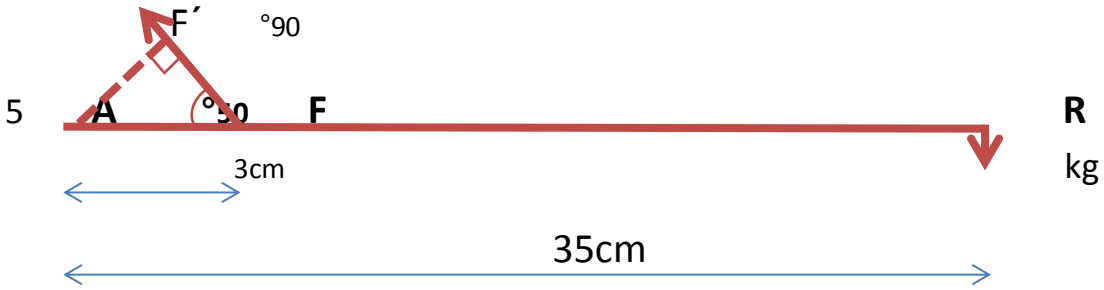
العزم =0.05 × 346.41

العزم = 17.32 نيوتن لكل متر (العزم المتولد على مفصل المرفق).

مثال 2:

وضع ثقل مقدار قوته (5) كغم على راحة اليد (عضلة ذات الراسين) وكانت العضلة ذات الراسين العضدية تشد بزاوية مقدارها (50°) على الساعد وهو في وضع افقي وكانت المسافة من المقاومة الى مفصل المرفق (المحور) (35cm) والعضلة

ذات الراسين العضدية تندغم على بعد (3cm) من مفصل المرفق ، اوجد القوة اللازمة للتغلب على هذه المقاومة ؟.



شكل (15)

الحل :

القوة (F)×ذراعها (AF) = المقاومة (R)×ذراعها(AR)

$$F = \frac{R \times AR}{\mathrm{AF}}$$

$$F = \frac{5 \times 35}{3}$$

$$F = \frac{175}{3}$$

$$F = 58.33\ N$$

$$\mathrm{Sin}\ 50 = \frac{AF^{-}}{AF}$$

$$0.77 = \frac{AF^{-}}{3}$$

$$AF^{-} = 3 \times 0.77$$

$$AF^{-} = 2.31\ cm$$

فاذن 2.31 سم هو مقدار ذراع القوة للشد الحقيقي

وبالعودة لقانون العتلات

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

$$F = \frac{R \times AR}{\mathrm{AF}}$$

$$F = \frac{5 \times 35}{2.31}$$

$$F = \frac{175}{2.31}$$

$$F = 75.75\mathrm{N}$$

المصدر:

حكمت عبد الكريم المذخوري: الميكانيكا الحيوية والتحليل الحركي في المهارات الرياضية ، ضوء القمر للطباعة والنشر ، بغداد ،2019، صـ 40 –53.