## العتلات Levers :

تعرف العتلة ميكانيكيا كونها عبارة عن جسم ذو امتداد معين كالشفت او بار يدور حول محور معين وتصنف هذه الحركة الى الحركات الدائرية لان لها انصاف اقطار ، وهي ترتكز على نقطة ثابتة تسمى نقطة الارتكاز أو المحور وتؤثر عليها قوة ومقاومة وبالتالي فهي تتالف من ثلاث نقاط رئيسية وهي القوة Force و المقاومة Resistance & Reaction والمحور Axis حيث تظهر نقاط تاثير عمل القوة وعمل المقاومة عموديا بالدوران حول النقطة الثابتة ( المحور) ، وجسم الانسان بطبيعته له جهاز حركي يعمل شبيه بعمل نظام العتلات ، فالعظام هي المادة الصلبة تعتبر بمثابة المقاومة التي تؤثر عليها القوة العضلية المرتبطة بها لكي تدورها. وللعتلات عدة فوائد ميكانيكية من الناحية الحركية وحسب قانون الفائدة الميكانيكية (**Mechanical Advantage** ) :

* قانون الفائدة الميكانيكية ( ربح القوة )

= المقاومة \ القوة

أو ذراع القوة \ ذراع المقاومة

وعندما تكون النتيجة اكبر من (1) فيكون هناك ربح في القوة ، أما اذا كانت النتيجة اقل من الـ ( 1) فمعنى ذلك بأن هناك ربح بالسرعة واذا كان الناتج (1) فهذا يعني أن العتلة بحالة توازن من ناحيتي تعادل القوى

وأن لا ربحا بالقوة ولاربحا بالسرعة ، وممكن أن نرمز للفائدة الميكانيكية بـ **( MA)**.

**أي ان :**

MA=R/F & AF/AR

* قانون الفائدة الميكانيكية (ربح بالسرعة):

= القوة \ المقاومة

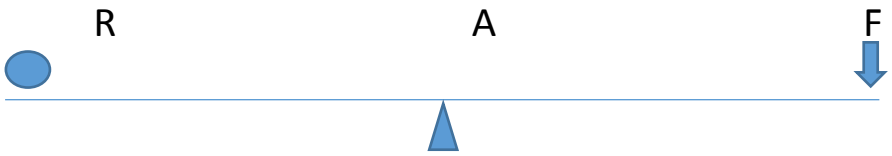
MA= F / R

**أنواع العتلات :**

توجد ثلاث انواع من العتلات ولكل نوع فائدته الميكانيكية وحسب موقع نقاط العتلة الرئيسية الثلاث وهي :

1- **عتلات النوع الاول First class levers** :

- هنا يكون موقع محور الدوران Axis بين نقطتي القوة Force والمقاومة Reaction كما في الشكل (9 ).




الشكل (9 )

عتلة من النوع الاول

**الفائدة الميكانيكية لعتلات النوع الاول :**

غالبا 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

وستكون العتلة في حالة تعادل من ناحيتي فائدتي السرعة والقوة ، في حالات التوازن بغض النظر عن نوع العتلة فأن :

عزم القوة = عزم المقاومة

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 و يختلف عنها بان له بعد او مسافة عمودية بين نقطة تاثير القوة ومحور الدوران و ما يسمى بذراع القوة وفي حالة المقاومة يسمى بذراع المقاومة وكما مبين ادناه:

عزم القوة ( F ) = القوة( F ) ×ذراعها (AF)

حيث (AF) يمثل المسافة العمودية بين القوة والمحور.

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

حيث (AR) يمثل المسافة العمودية بين المقاومة والمحور.

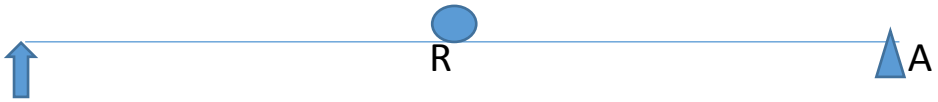
أن دوران العتلة مع عقرب الساعة ستأخذ الاشارة سالب والدوران عكس عقرب الساعة ستأخذ الاشارة موجب .

وحسب نظرية الروافع و لكي تتزن العتلة فأن:

القوة ×ذراعها = المقاومة ×ذراعها ..... و هو القانون الاول في الاستاتيكية.

2- **عتلات النوع الثاني Second class levers** :

هنا يكون موقع المقاومة Reaction بين نقطتي بين المحور Axis والقوة Force كما في الشكل (10 ).




الشكل (10 )

عتلة من النوع الثاني

**الفائدة الميكانيكية لعتلات النوع الثاني :**

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

3- **عتلات النوع الثالث Third class levers** :

هنا يكون موقع والقوة Force بين المقاومة Reaction و بين المحور Axis كما في الشكل (11 ).

الشكل (11 )

عتلة من النوع الثالث

**الفائدة الميكانيكية لعتلات النوع الثالث :**

تكون فائدتها الميكانيكية زيادة بالسرعة ومدى حركي اوسع لان ذراع المقاومة اطول من ذراع القوة .

وهنا نقترح ولغرض تسهيل معرفة نوع العتلة من خلال التعرف على موقع احد احرف مكونات الكلمة المتكونة من ( ARF) والتي تمثل احرفها بداية كل متغير من متغيرات العتلة الرئيسية حيث اذا جاء (A ) والذي تسلسه الاول في الكلمة انفة الذكر فأن موقعه في رسم العتلة 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 يكون بين القوة (F ) والمحور(A) وعليه فأن العتلة من النوع الثاني ، اما (F ) والذي والذي تسلسه الثالث في الكلمة نفسها اعلاه ( ARF) اذا كان موقعه بين القوة (A ) والمقاومة (R ) فأن العتلة تكون من النوع الثالث ، هذا مما يساعد الطالب في تحديد نوع العتلة المراد التعرف عليها بسهولة تامة وعليه يمكن ان نعتبرها قاعدة بهذا الاتجاه.

**عمل العتلات في جسم الانسان:**

يقوم الجهاز الحركي عند الانسان بعمل العتلات فالعظام عادة بمقام عمل المقاومة والمفاصل هي محور الدوران اما أندغام العضلة فيمثل نقطة تاثير القوة ، وعندما يقوم أي شخص بتحريك أرجله على سبيل المثال أو أذرعه أو أي جزء من جسمه فهو في الحقيقة يحرك مجموعة عضلية مناسبة لتلك الحركات في حين تعمل العظام والقوة العضلية والمفاصل المشتركة بحركة ما كسلسلة من العتلات ، وهي أدوات ميكانيكية فائقة الصنع الرباني ، فيما يعرف بأن القوة العضلية بايوميكانيكياً بانها قدرة مجموعة من العضلات على احداث عزم حول محور معين لمفصل معين.

ان عمل الجهاز الحركي عند الانسان بعمل العتلات في الجسم يؤدي لفوائد ميكانيكية مهمة (mechanical advantage) بمعنى ان قياس عدد المرات التي تستطيع هذه الآلة البسيطة من مضاعفتها للجهد المطبق ، وممكن حصر تطبيقات العتلات على جسم الانسان بما يلي :

1- لاتوجد في جسم الانسان أي عتلة من النوع الاول وذلك لان العتلة (العظم ) لا يوجد عليه أي محور ، ولاتوجد عظام مثقوبة من المنتصف.

2- العتلة من النوع الثاني موجود فقط في القدم ويعتمد ذلك على موقع الاتزان .

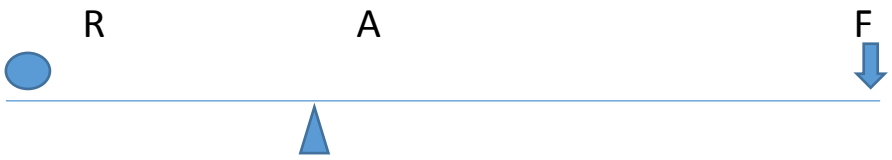
3- جميع العضلات في جسم الانسان تعمل مع العظام عتلات من النوع الثالث أي ان ذراع القوة فيها قصير فهي بالتالي عتلة ذات فائدة في المدى الحركي و السرعة .

**امثلة :**

مثال1 : ما مقدار (F ) المطلوبة لاتزان عتلة من النوع الاول اذا علمت ان الوزن الموضوع على الطرف الاول مقداره (20 N ) ويبتعد بمقدار (1متر) عن المحور وان القوة تبتعد بمقدار (2متر) عن نفس المحور.

الحل :

نرسم العتلة وحسب معطيات السؤال لذلك هي من النوع الاول وهي تتطابق مع قاعدة ( ARF) التي مر ذكرها سابقا:




شكل (12)

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

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

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

$$F = 10\ N$$

مثال2: ما مقدار القوة اللازمة؟ لرفع ثقل مقداره ( 70 N) يبتعد عن المحور بـ ( 0.30m) وهو نفسه طول العتلة و القوة تبتعد عن المقاومة بـ ( 0. 25m ) ، حدد نوع هذه العتلة و بين فائدتها الميكانيكية ؟.

**الحل:** نرسم العتلة وحسب معطيات السؤال لذلك هي عتلة من النوع الثالث وهي تتطابق مع قاعدة ( ARF) التي مر ذكرها سابقا:

بما انه طول ذراع المقاومة = 0.30 و القوة تبتعد عن المقاومة بـ 0. 25m لذلك يتبين لنا ومن خلال الرسم 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)

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

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

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

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

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

أما الفائدة الميكانيكية Mechanical Advantage لهذه العتلة :

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

و نرمز سابقا للفائدة الميكانيكية بـ ( MA) لذلك :

MA=R/F

= 70/420

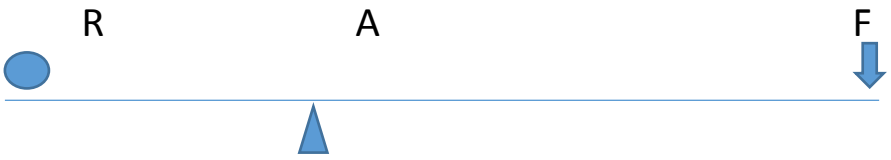
=0.166

يتضح بأن هناك ربح في السرعة لان القيمة اقل من (1) وهي من مميزات العتلات من النوع الثالث.

مثال3: Lever من النوع الاول ، مقدار الـ **R** (200N) وتبتعد عن Axis بـ(0.10m) و طولها يبلغ (0. 30m) ، اوجد الـ Force اللازمة لتحريكها ؟ معززاً اجابتك بالرسم .

AF = 0.30 - 0. 10

AF = 0 .20 M




شكل (14)

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

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

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

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

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

و من قانون الفائدة الميكانيكية :

MA=R/F

MA=200/100

MA = 2

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

وهناك 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) هو (1) مما يعني ان اية قيمة تضرب في جيبها تبقى نفسها على عكس الزوايا الاقل او الاكبر من ( 90) درجة اذ تقل قيمها. و ان المركبة تكون عمودية في الزاوية ( 90) درجة في حين الزوايا الاخرى 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:

القوة × المسافة العمودية

القوة العمودية = القوة العضلية × جيب الزاوية

وبما ان :

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

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

**مثال 4:** احسب العزم Moment المتولد على مفصل المرفق اذا علمت ان الشـــد الموجـود علـى العضـلة ذات الرأسين العضدية تقدر بـ ( 400) نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار (60) درجة وان نقطـة تـاثيرالقوة 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 والقوة العضلية اقل او اكبـــر فـــان القـــوة العمودية اقل من القوة العضلية .

القوة العمودية = 400 × جيب الزاوية 60 درجة

= 400 × 0.86

=346.41 نيوتن

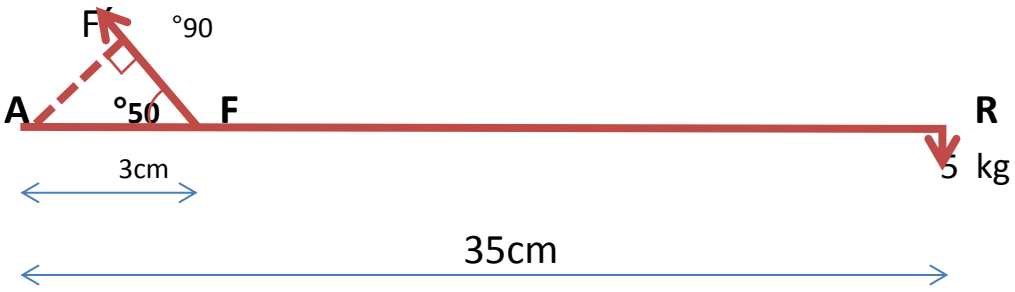
العزم =0.05 × 346.41

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

**مثـال 2:** وضـع ثقل مقدار قوتـه (5) كغم علـى راحـة اليد وكانـت العضـلة ذات الراسين العضدية تشد بزاوية مقدارها (50°) على الساعد وهو في وضع افقي وكانت المسافة من المقاومة الى مفصل المرفق ( المحور ) تبلغ (35cm ) والعضلة ذات

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

الحل :




شكل ( 15)

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

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

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

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

$$F = 58.33\ N$$

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

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

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

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

فاذن 2.31 سم هو مقدار ذراع القوة للشد الحقيقي

وبالعودة لقانون العتلات

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

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

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

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

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

**ملاحظة** : الجهاز الحركي للانسان يتطور بمرور العمر ولحين سن توقف النمو بحدود الـ 22 عام وبذلك فان نظام العتلات في الجهاز الحركي يختلف من وزن الى اخر ومن طول الى طول اخر ومن جنس لاخر ، وهذا ما نراه في طبيعة حركات الجمناستك مثلا عند النساء بعمر 12-14 يختلف عما هن في عمر اكبر من 20 مثلا وذلك لزيادة اطوال عتلاتهن و التغييرات في توزيع اوزان اجزاء الجسم.

واجب بيتي :

A – عتلة طولها ( 0.9m ) ،علق ثقلا مقداره (40N ) في طرفيها يبعد بمسافة (0.1m) عن محورها، مامقدار القوة المؤثرة في طرفها الاخر لكي تتزن العتلة افقيا ؟ وما مقدار الربح الميكانيكي والفائدة الميكانيكية لها ؟ مع بيان نوع العتلة وفق قاعدة ( ARF) معززا ذلك بالرسم النموذجي.

B- عتلة طولها ( 0.6m ) ومحورها في احد طرفيها علق ثقلا مقداره (20N ) في طرفها الاخر ، مامقدار القوة المؤثرة عليها من منتصفها لكي تتزن العتلة افقيا ؟ وما مقدار الربح الميكانيكي والفائدة الميكانيكية لها ؟ مع بيان نوع العتلة وفق قاعدة ( ARF) معززا ذلك بالرسم النموذجي.