- مركز ثقل الجسم

اعداد :
لجنة البايوميكانيك

الوزن و الكتلة: Weight and Mass:
قبل الدخول في محاضرة اليوم لابد أولا من توضيح مفهوم الوزن و الكتلة و بيان الفرق بين المصطلحين او المفهومين.

قد يكون مصطلح الوزن من اكثر المفاهيم الكمية التي نتداولها في حياتنا و المقصود بالكمية ان عبارة الوزن تأتي لوصف كمية معينة معلومة من مادة ما.

في الفيزياء نتداول هذين المصطلحين بصورة اكثر تخصصية، فنحن عرفنا سابقا الفرق بين الكميات القياسية و الكميات المتجهة و عرفنا ان اهم فرق بينهما ان الكميات القياسية نكتفي بذكر مقدارها فقط و الكتلة كمية قياسية.

اما الكميات المتجهة فيجب ذكر كميتها و اتجاهها مثل الوزن .

من ما تقدم يمكننا ان نبين المعنى الفيزيائي للكتلة و الوزن و كما يلي:
الكتلة تبقى ثابتة دائما و تعرف بأنها مقدار ما يحتويه الجسم من مادة و هي مقدار ما يمتلكه الجسم من القصور الذاتي، و للتوضيح بمثال فأن السيارة فارغة تمتلك كتلة معينة لكن عندما يتم ركوبها من اشخاص فأن كتلتها تصبح الكتلة الاصلية مضاف اليها كتلة الأشخاص الراكبين، و حسب قانون نيوتن فأن التعجيل مرتبط طرديا بالكتلة لذلك فأن القوة التي سيولدها المحرك ستكبر بزيادة عدد الركاب.

اما الوزن فيحدد بقيمة و اتجاه ، و الوزن متعلق بشكل أساسي بالجاذبية الأرضية فمثلا وزن كيلوغرام واحد يفرق اذا ما تم قياسه عند سطح البحر و يفرق اذا ما قسنا نفس الوزن فوق قمة جبل فقوة الجاذبية الأرضية (التعجيل الأرضي) اكبر بمستوى سطح البحر من قمة الجبل.

يمكننا الآن ان نقول ان وزن الجسم يمثل مقدار الجاذبية الأرضية لذلك الجسم، و كتلة الجسم هي أيضا تمتلك وزن و من هنا نستطيع ان نعلل أسباب تصنيفات الوزن المختلة في بعض الفعاليات الرياضية كالملاكمة و المصارعة و رفع الاثقال و هذا بطبيعة الحال مترتبط بمقدار التعجيل الذي تولده هذه الاجسام و هذا في الحقيقة يمثل السبب الحقيقي لضرورة دراستنا لمفهومي الكتلة و الوزن.

مقارنة بين الوزن و الكتلة

الوزن	الكتلة
• يعتمد الوزن على مقدار الجاذبية الأرضية أي ان الوزن من الممكن ان يختلف حسب موقع قياسه. • من الممكن ان يساوي الوزن صفرا في حالة انعدام الوزن كالفضاء مثالا. • الوزن ممكن ان يزيد او ينقص تبعا لمقدار الجاذبية الأرضية. • الوزن كمية متجهة يجب ذكر كميتها و اتجاها. • يقاس الوزن بالنيوتن و هي وحدة قياس القوة.	• مقدار ما يمتلكه الجسم من مادة و هي ثابتة في أي مكان. • لا يمكن ان تكون الكتلة تساوي صفر. • الكتلة لا تتغير بتغيير مكان القياس (تبقى ثابتة). • الكتلة كمية قياسية غير متجهة يكفي ذكر كميتها فقط. • وحدة قياس الكتلة هي الكيلوغرام و اجزائه و مضاعفاته.

■ من المعلوم ان كل جسم له كتلة معينة و في الحقيقة هذه الكتلة هي ما يمثل وزن الجسم تبعا لتأثير الجاذبية الأرضية (او الجاذبية الكوكبية)، هذه الكتلة تأتي من الجزيئات المكونة لهذه الاجسام او بعبارة اصح فأن الكتلة مكونة من مجموع كتل مكونات هذا الجسم و وزن الجسم

يمثل جميع متجهات القوة التي تتجه باتجاه مركز الأرض(الجاذبية).

- و في الحقيقة لو اردنا تحليل متجهات القوة هذه لنجد محصلة لها فأننا سنجد ان جميعها تتركز في نقطة واحدة و هي نقطة مركز ثقل الجسم.

- من ما تقدم نستطيع تعريف مركز الثقل على انه: **هي النقطة الافتراضية التي تتركز جميع اوزان نقاط الجسم فيها بفعل تأثير الجاذبية.**

مركز ثقل الجسم:

- ان موضع ثقل الجسم يختلف تبعا لشكل الجسم، فمثلا لو قارنا بين جسمين بنفس الكتلة تماما لكن شكلهما مختلف سنجد ان مركز ثقل الجسم يكون موضعه مختلف من جسم لآخر و من البديهي فأن الاجسام حولنا لها اشكال متعددة لكن بشكل عام هي تقسم الى نوعين:
  ١ اجسام منتظمة
  ٢ اجسام غير منتظمة
- في الاجسام المنتظمة نجد ان مركز ثقل الجسم على العموم يكون في المنتصف الفراغي لها او في مركزها او في منتصفها، و هذا ما درسناه في موضوع المحاور و المسطحات و في الحقيقة فأن مركز الثقل هو النقطة التي تتقاطع بها جميع المحاور و المسطحات.
- اما في الاجسام الغير منتظمة فلإيجاد مركز الثقل نحتاج ان نعلق هذا الجسم من مواضع مختلفة و نرسم خطوطا مستقيمة من نقطة التعليق و باتجاه الأرض(مركز الجاذبية) و نقطة تقاطع هذه الخطوط ستمثل مركز الجاذبية
- في حياتنا الرياضية نستطيع الاستفادة من ايجاد مركز ثقل الجسم في عدة جوانب مثل تطوير الانجاز بصفة عامة او بهدف التعامل مع الادوات المختلفة او حتى في الجانب التحكيمي لبعض الفعاليات مثل الجمناستك او فعالية القفز الى الماء.
- في حركة جسم الانسان بشكل عام و في الحركات الرياضية بشكل خاص لا بد من ان ندرك ان موضع مركز الثقل يختلف تبعا للحركة التي يؤديها الجسم او تبعا للوضع الجسمي و الحركي.
- و حتى لنفس الشخص فأن مركز الثقل يتغير تبعا لمراحل نموه المختلفة و يختلف ايضا بالنسبة للرجل و المرأة .
- و تنطبق نفس هذه المبادئ بالنسبة للأدوات التي تستخدم في حياتنا العامة و الرياضية.

- مثلا لتحديد مركز ثقل مسطرة نجد ان النقطة التي ترتكز عليها بتوازن هي مركز ثقلها.
- من خلال الصورة نجد ان عزم القوة١=عزم القوة٢ أي ان عند تساوي العزوم يصبح الجسم في حالة اتزان.
- و هنا تصبح نقطة ارتكازه هي مركز ثقله.
- في حالات كثيرة من الممكن ان يكون مركز الثقل خارج الجسم و هذا يعتمد على شكل الجسم او حالته الحركية او وضعه العام.

- بالنسبة للجسم البشري فكما هو معلوم هو مؤلف من اجزاء عديدة تمثل بمجموعها الجسم ككل و من البديهي فأن لكل جزء كتلة معينة و ان مجموع هذه الكتل يمثل كتلة الجسم ككل او بعبارة اخرى ان وزن كل جزء من هذه الاجزاء يمثل وزن الجسم ككل.

- من ابرز الامثلة على الجسم البشري ان موضع مركز ثقل الجسم يتغير مع التقدم بالعمر و ذلك تبعا لنموه و التغير في القياسات الجسمية (الانثروبومترية) و لاختلاف كتلته.
- لا بد من الاشارة لأمر مهم في هذا الخصوص و هو بما ان لكل جزء من جسم الانسان كتلة لذلك فان لكل جزء من الجسم مركز ثقل مستقل.
- و لتحديد هذا المركز فقد وضع العلماء المختصون جداول معدة مسبقا لبيان مركز الثقل و هذه الجداول تطبق معادلات خاصة متضمنة لمتغيرات القياسات الانثروبومترية فتعطينا نقاط مركز الثقل لكل جزء بصورة تقريبية لكن بنسبة كبيرة من الصحة.
- و حديثا هناك برامج حاسوبية لتحديد مركز ثقل اجزاء الجسم المختلفة على نفس هذا الاساس.

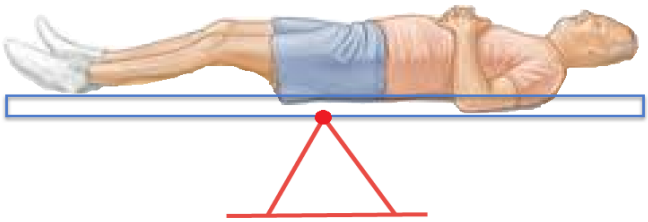
- من اهم الملاحظات التي يجب الاخذ بها بنظر الاعتبار هو ان مركز الثقل يختلف تبعا للنمط الجسمي فمثلا ان لاعب الاركاض القصيرة الذي يتميز طرفه السفلي بكتلة عضلية كبيرة نجد ان مركز ثقله منخفض بالمقارنة مع لاعب الجمباز الذي يتميز جسمه بكتلة عضلة كبيرة من الاعلى و نفس هؤلاء الاعبين يختلف مركز ثقل جسمهم تبعا للوضع او للحركة.
- من ابرز الطرق الميكانيكية لتحديد مركز ثقل الجسم البشري وهي من ابتكار العالمين رينولدز و لوفت.
- جهاز القياس عبارة عن لوح معدني صلب بطول ٢,٥٠ متر و عرضه ١ متر و يرتكز على حافتين حادتين.
- ترتبط احدى الحافتين بميزان (النقطة أ) و الحافة الثانية (النقطة ب) تكون مرتكزة على قاعدة منزلقة عادة ما تكون مصنوعة من مادة لا تسبب الانحشار.
- طريقة الاستخدام:

- ١ تثبت نقطتي الارتكاز بموضعها الصحيح بحيث يكون وزن اللوح موزع على النقطتين بالتساوي و تثبت قراءة الميزان ق١.
٢ يستلقي شخص على اللوح و تؤخذ قراءة الميزان ق٢.
٣ حساب المسافة الافقية بين الخط النازل من مركز ثقل الجسم و النقطة ب التي تمثل اسفل القدمين من خلال المعادلة التالية:
البعد بين اسفل القدمين و مسطح مركز الثقل=(القراءة ٢ – القراءة١)xالمسافة بين الحافتين/الوزن

- مثال:
- شخص وزنه ٨٠٠ نت و كانت قراءة الميزان في الحالة الاولى ٨٠ نت، و كانت قراءة الميزان الثانية ٥٠٠ نت، احسب البعد بين مسطح مركز الثقل و اسفل القدمين علما ان المسافة بين حافتي اللوح ٢ متر؟
- الحل:
- م=(ق٢-ق١)xس/و
- م=(٥٠٠-٨٠)x٢ / ٨٠٠
- ١,٠٥ متر البعد من اسفل القدمين و سطح مركز الثقل

مركز كتلة الجسم

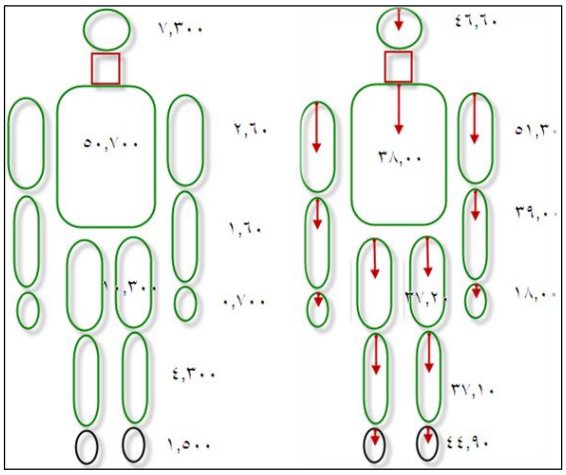
كل جســـم فيه نقطة تتزن جميع الأعضـــاء عليها ، أي ان هذه النقطة هي مركز الاتزان ومن الممكن تسـميتها محور او مرتكز مثل محاور العتلات ومن الممكن ان نسـتخدم العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز كتلة الجسم او الاجزاء



الشكل (٢٥-٣) : عمل العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز ثقل الاجسام

الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم

وفقا للعديد من الدراســـات على الجثث توصـــل العلماء في هذا المجال الى موقع اتزان كل عظم من عظام جسم الانسان وكل كتلة مربوطة بمجموعة عظام كالرأس والجذع والكف والقدم وأدناه جدول اتزان هذه العظام



الشكل يوضح الاوزان النسبية ومراكز كتلة أجزاء الجسم

و الجدول ادناه يبين الكتلة النسبية والبعد النسبي لايجاد مركز كتل الاجزاء والجسم

التسلسل	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	البعد النسبي (سم)
١	الرأس والرقبة	٧,٣٠٠	٤٦,٦٠
٢	الجذع	٥٠,٧٠٠	٣٨,٠٠
٣	عضد أيمن	٢,٦٠٠	٥١,٣٠
٤	عضد أيسر	٢,٦٠٠	٥١,٣٠
٥	ساعد أيمن	١,٦٠٠	٣٩,٠٠
٦	ساعد أيسر	١,٦٠٠	٣٩,٠٠
٧	يد يمنى	٠,٧٠٠	١٨,٠٠
٨	يد يسرى	٠,٧٠٠	١٨,٠٠
٩	فخذ أيمن	١٠,٣٠٠	٣٧,٢٠
١٠	فخذ أيسر	١٠,٣٠٠	٣٧,٢٠
١١	ساق أيمن	٤,٣٠٠	٣٧,١٠
١٢	ساق أيسر	٤,٣٠٠	٣٧,١٠
١٣	قدم يمنى	١,٥٠٠	٤٤,٩٠
١٤	قدم يسرى	١,٥٠٠	٤٤,٩٠

مثال:

جد كتلة وموقع اتزان فخذ لاعب كتلته (٧٥ كغم) وطول فخذه (٤٤ سم)

بما ان الكتل المعروضة في الجدول اعلا هو مثال لشخص كتلته ١٠٠ كغم فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\text{كتلة الفخذ} = \frac{٧٥ \times ١٠,٣٠٠}{١٠٠,٠٠} = ٧,٧٢٥$$

سبعة كيلوغرامات وسبعمائة وخمسة وعشرون غراما

وبما ان الابعاد النسبية المعروضة في الجدول هي مثال للاجزاء طولها (١٠٠ سم) فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\text{مسافة اتزان الفخذ} = \frac{٤٤ \times ٣٧,٢٠}{١٠٠}$$

مسافة اتزان الفخذ او مركز الفخذ = ١٦,٤ سم أي على بعد ستة عشرة سنتيمترا و اربعة مليمترا عن المفصل العلوي من اصل طول الفخذ ٤٤ سم

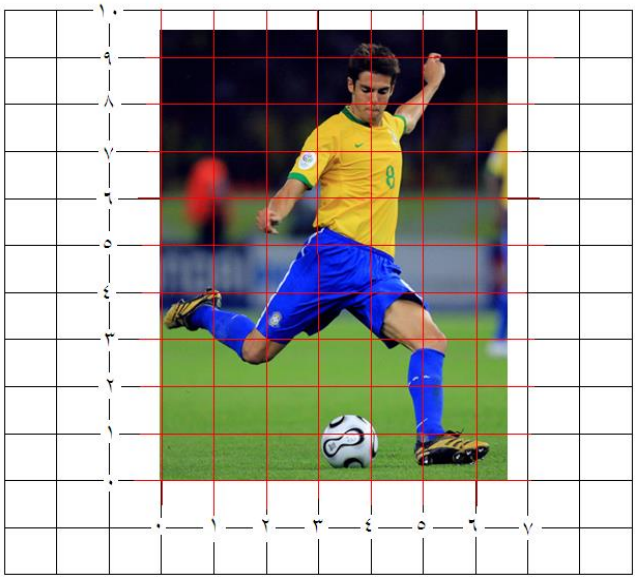
ومن الامثلة اعلاه يمكن ايجاد مركز كتلة الانسان وقد تبين من الدراسات السابقة ان متوسط ارتفاع مركز كتلة الرجل في الوضع التشريحي هو ٥٦,٨% من طوله الطبيعي و ٥٥,٤٤% من الطول الطبيعي للنساء .

مثال:

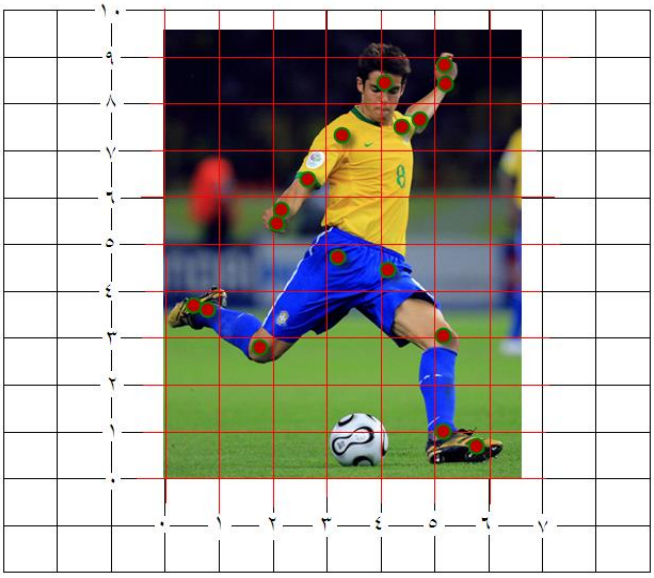
عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:

الشكل يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم

يتم وضع الصورة على الورق البياني



الشكل يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني



الشكل يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني مع وضع النقاط على مفاصل الجسم

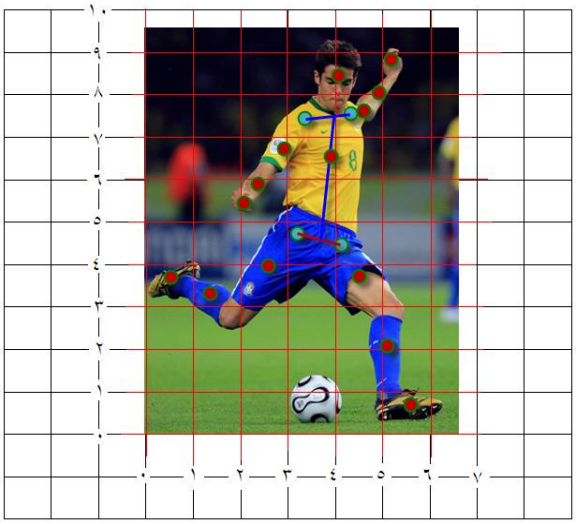
ويلاحظ من الشكل (٥ مناطق) في الجسم تعد بمثابة مفاصل لاغراض ايجاد مركز كتلة الجسم وهذه المناطق هي (الرأس وتكون النقطة بين الحاجبين من الامام ومن اليسار او اليمين في منتصف المسافة بين الاذن والعين ، الكف اليمين والكف اليسار وتكون النقطة في منتصف الكف طولا وعرضا ،القدمين اليمين واليسار وتكون النقطة على منتصف القدم طولا وعرضا)

الجدول (٢-٣) يبين الكتلة والبعد النسبي والحقيقي لايجاد مركز الكتلة

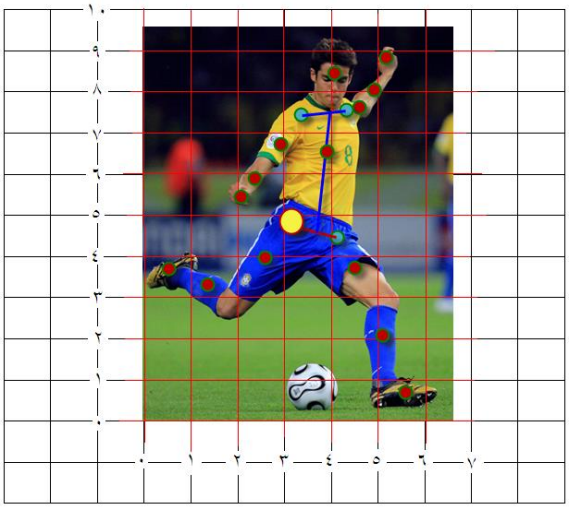
ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد الافقي (كغم×سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (كغم×سم)
١	الرأس والرقبة	٧,٣	٦,٢١	٤٦,٦	٤	٨,٥	٢٤,٨٢	٥٢,٧٤
٢	الجذع	٥٠,٧	٤٣,١	٣٨	٣,٨	٦,٥	١٦٣,٧٦	٢٨٠,١٢
٣	عضد أيمن	٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٣	٦,٦	٦,٦٣	١٤,٥٩
٤	عضد أيسر	٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٤,٥	٧,٥	٩,٩٥	١٦,٥٨
٥	ساعد أيمن	١,٦	١,٣٦	٣٩	٢,٤	٥,٩	٣,٢٦	٨,٠٢
٦	ساعد أيسر	١,٦	١,٣٦	٣٩	٥	٨	٦,٨	١٠,٨٨
٧	يد يمنى	٠,٧	٠,٦	١٨	٢,١	٥,٥	١,٢٥	٣,٢٧
٨	يد يسرى	٠,٧	٠,٦	١٨	٥,١	٨,٨	٣,٠٣	٥,٢٤
٩	فخذ أيمن	١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٢,٥	٤	٢١,٨٩	٣٥,٠٢
١٠	فخذ أيسر	١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٤,٥	٣,٨	٣٩,٤	٣٣,٢٧

١١	ساق أيمن	٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	١,٤	٣,٤	٥,١٢	١٢,٤٣
١٢	ساق أيسر	٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	٥,١	٢	١٨,٦٤	٧,٣١
١٣	قدم يمنى	١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٠,٥	٣,٦	٠,٦٤	٤,٥٩
١٤	قدم يسرى	١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٥,٦	٠,٧	٧,١٤	٠,٨٩
المجموع							٣١٢,٣٢	٤٨٤,٩٤
المجموع بعد قسمتها على ١٠٠							٣,١٢	٤,٨٥

* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد الافقي) = ٣١٢,٣٢
* استخراج نقطة البعد الافقي = ٣١٢,٣٢ ÷ ١٠٠ = ٣,١٢ تقريباً
* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد العمودي) =٤٨٤,٩٤
* استخراج نقطة البعد العمودي = ٤٨٤,٩٤ ÷ ١٠٠ = ٤,٨٥ تقريباً
* نقطة التقاء البعدين الافقي والعمودي يمثل مركز ثقل كتلة الجسم .



الشكل يوضح مراكز كتل الاجزاء لصورة احد لاعبي كرة القدم



الشكل يوضح مراكز كتل الاجزاء ومكز كتلة الجسم لصورة احد لاعبي كرة القدم