الفصل الثالث: تحريك نقطة مادية

تمهيد:

تحدثنا فيما تقدم عن حركيات نقطة مادية بدلالة احداثيات مختلفة، ثم توصلنا الى كيفية نسبتها الى معالم مختلفة والعلاقة بينها في مختلف هذه المعالم نود الآن البحث عن مسببات الحركة وعلاقتها بحركيات نقطة مادية وسنبدأ اولا بمبدأ العطالة.

1- تعاريف:

أ- المعلم العطالي(الغاليلي):

بما أن الحركة مفهوم نسبي فلابد من تحديد المعلم الذي تنتسب له حركة الجسمية الحرة هذا المعلم هو بدوره ينبغي ان يكون حرا (ولذا سمي معلم غاليلي او عطالي فيه ينتقل الجسيم بسرعة ثابتة).

ان كل معلم في الفضاء في حالة سكون او في حالة حركة انسحابيه مستقيمة منتظمة هو عبارة عن معلم عطالي او غاليلي.

ب- كمية الحركة: هي مقدارا فيزيائيا له أهمية كبرى لأنه يربط بين عنصرين أساسيين للحركة وهما:

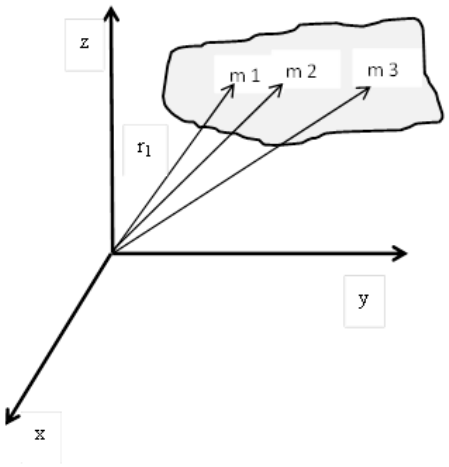
الكتلة m والسرعة $\vec{V}$ حيث يعرف بالعلاقة التالية: $\vec{P} = m\vec{V}$

$\vec{P}$: كمية الحركة وهو مقدار شعاعي له نفس اتجاه $\vec{V}$ اي اتجاه الحركة ووحدته هي: $\mathrm{Kg}\frac{m}{s}$

ويسمى ايضا بالدفع الخطي.

ج- عزل جسم: يقال ان جسما معزولا اذا لم يتبادل اي كمية فيزيائية مع غيره اي ان الكميات الفيزيائية لا تتبدل في الزمان مادام الجسم معزولا.

لنعتبر جملة اجسام كتلها $(m_1, m_2, m_3, \ldots\ldots, m_\alpha, \ldots\ldots, m_n)$ ومواضعها وسرعاتها بالنسبة لمعلم عطالي على الترتيب هي : $\left(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \ldots\ldots, \vec{r}_\alpha, \ldots\ldots, \vec{r}_n\right)$ و $\left(\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3, \ldots\ldots, \vec{V}_\alpha, \ldots\ldots, \vec{V}_n\right)$



نعرف كمية الحركة ب :

$$\overrightarrow{P_{tot}} = \overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{P_2} + \cdots \ldots\ldots\ldots\ldots + \overrightarrow{P_n} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \cdots \ldots\ldots\ldots + m_n\vec{v}_n$$

$$\sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{P_i} = \sum_{i=1}^{n} m_i\overrightarrow{v_i}$$

2- قوانين نيوتن:

1- القانون الأول لنيوتن (مبدأ العطالة) :

كل جسم مادي غير خاضع لأية قوة خارجية في معلم عطالي فإنه: اما في حركة مستقيمة منتظمة واما في سكون.

ويمكن عندئذ صياغة مبدأ العطالة كالاتي:" الدفع الخطي الكلي لجملة اجسام معزولة محفوظة".

$$\sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{P_i} = \sum_{i=1}^{n} m_i\overrightarrow{v_i} = \text{ثابت}$$

2- القانون الثاني لنيوتن (المبدأ الأساسي للتحريك)

ان التغير في كمية الحركة عبر الزمن يساوي محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم وفق العلاقة التالية:

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{dm}{dt}\vec{v}$$

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

3- القانون الثالث لنيوتن (مبدأ الفعل ورد الفعل)

اذا كان الجسم A يؤثر على الجسم Bبقوة $\overrightarrow{F_{A/B}}$ فإن الجسم B يؤثر على الجسم A بقوة $\overrightarrow{F_{B/A}}$ تساويه في الشدة وتعاكسه في الاتجاه وتسمى بالفعل ورد الفعل

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

$$\left\|\overrightarrow{F_{A/B}}\right\| = \left\|\overrightarrow{F_{B/A}}\right\|$$

3- أنواع القوى :

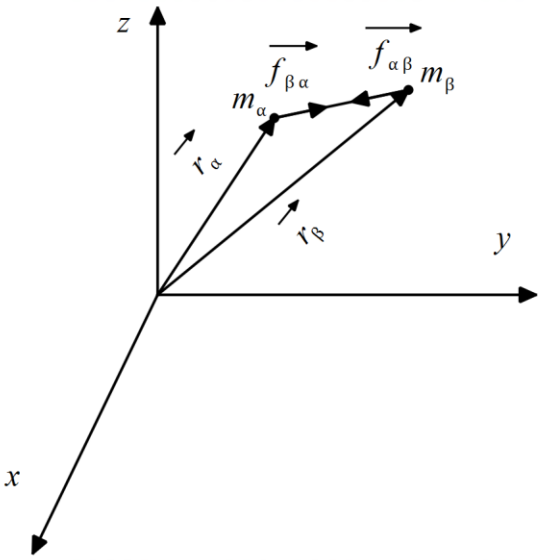
1-القوى الأساسية: لقد استطاع الانسان ان يصنف ويميز القوى الفاعلة في الطبيعة الى ثلاثة قوى هي: قوى كتلية وكهربائية ونووية, لكل واحدة ساحة تفعل فيها افعالها فساحة القوى النووية هي النواه

$\approx 10^{-14}$ متر وليس لها فعل خارجها، وساحة القوى الكهربائية هي الذرة $\approx 10^{-10}$ متر

والجزي $\approx 10^{-8}$ متر وليس لها فعل خارجهما، اما ساحة القوة الكتلية فهي الكون وابعاد الكوكب فيه من رتبة 10^{12} متر هذه هي المسؤولة على بناء الطبيعة.

أ- القوة الكتلية: القوة الكتلية او قوة التجاذب الكتلي منشأها الكتل فهي قوة تولدها كتلة وتؤثر بها على كتلة اخرى.

فقد عينت تجريبيا في القرن السادس عشر وصيغها الشعاعية هي:



$$\overrightarrow{f_{\alpha\beta}} = G\, m_\alpha\, m_\beta \frac{\overrightarrow{r_\beta} - \overrightarrow{r_\alpha}}{\left|\overrightarrow{r_\beta} - \overrightarrow{r_\alpha}\right|^3}$$

حيث: $G = 6.67 \times 10^{-11}\ S\,I$

ب- القوة الكهربائية: القوة الكهربائية منشأها الشحنات الكهربائية وقد عينت تجريبيا في القرن السادس عشر وصيغها الشعاعية هي:

$$\overrightarrow{f_{\alpha\beta}} = K\, q_1\, q_2 \frac{\overrightarrow{r_\beta} - \overrightarrow{r_\alpha}}{\left|\overrightarrow{r_\beta} - \overrightarrow{r_\alpha}\right|^3}$$

ج- القوة النووية: القوة النووية هي قوة تجاب وتتنافر منشؤها الاجسام النووية المسمات الكواركات وتتعلق بالبعد بينهما اما صيغتها فلم تحدد تجريبيا الى يومنا هذا ولكن تقدر تقديرا.

ان هذه القوى هي القوى الفاعلة في الطبيعة، والحقيقية أن الأنسان لا يعرف غيرها وسائر القوى الأخرى هي تركيبة من القوى الحقيقية.

د-القوة المغناطيسية: منشاؤها حركة الشحنات الكهربائية فهي القوة الكهربائية وقد بنيت التجرب q انه إذا تحركت الشحنة $\vec{V}$ بالسرعة $\vec{B}$ في الحقل المغناطيسي $\vec{f} = q(\vec{V} \times \vec{B})$ فإنها تتلقى منه قوة تسمى قوة لورنتر صيغتها هي:

2- القوى المقدرة: ان القوى المقدرة ليست حقيقية ولكنها مركبة من القوى الأساسية بطريقة معقدة، ولهذا لانعرف صيغتها إلا بصورة تقديرية نعتمد فيها على التجربة والتقديرات النظرية قبل التطرق الى ذكر بعض هذه القوى سنناقش علاقة حركة بعض الاجسام بتلامسها مع أجسام أخرى ولنأخذ على سبيل المثال انطلاق عداء (100 m) إن العداء يبدأ من السكون ويصل الى سرعته العظمى بتسارع يمكن قياسه.

فتكون عندئذ محصلة القوى المطبقة عليه هي $(m\vec{a})$ وتسمح لنا العلاقة الاساسية للتحريك بحساب القوة الثانية التي بإضافتها الى ثقل العداء تسمح لنا بتفسير الحركة.

$$\vec{F} + \vec{P} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a} - \vec{P}$$

ولكن من اين تأتي هذه القوة؟

اننا نشعر بكونها مرتبطة بكيفية أو بأخرى بالعداء نفسه، فهل يمكن للعداء ان يكون هو المطبق لهذه القوة ثم هي تطبق عليه في نفس الوقت؟ وهل يمكن ان يكون هو نفسه المنتج للقوة التي تدفعه نحوه الامام؟

انه من الممكن الرد على مثل هذا المشكل بمبدأ الفعل ورد الفعل يرافق ضغط رجلي العداء $(\vec{F'})$

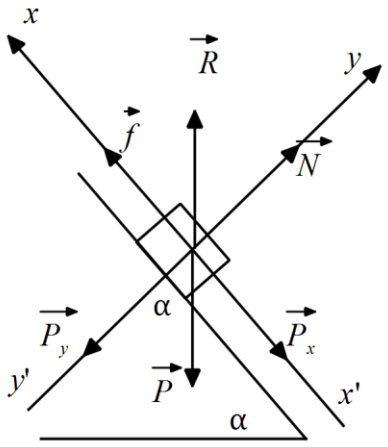
على الارض ضغط الارض على رجليه اي $(\vec{F} = -\vec{F'})$ وهذه الاخيرة هي التي تدفعه نحو الامام، كما نرى بأن مقدار واتجاه $\vec{F}$ يتعلقان بتسارع العداء.

هذا المثال يعود الى دراسة قوى التلامس بالتفصيل مع علاقتهما بطبيعة سطوح التلامس:

أ-الاحتكاك: لدراسة الاحتكاك المسؤول عن الروابط بين الاجسام المتلامسة، نحقق التركيب التجريبي التالي:

α

نضع صندوق من الحديد على لوحة خشبية ثم نزيد من الزاوية التي يضعها مستوي اللوحة مع الافق فنلاحظ ان الصندوق يبقى ساكنا مادام القيم التي تأخذها الزاوية α أصغر من قيمة حدية α الموافقة لبداية الحركة (الانزلاق) اي أن:



$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$$

$(x\,x')$

$$f_s - P\sin\alpha = 0 \Rightarrow f_s = P\sin\alpha$$

$(y\,y')$

$$N - P\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = P\cos\alpha$$

يمكن الان تعريف معامل الاحتكاك السكوني بأنه النسبية بين المركبتين f_s و N وهو يمثل المقدار الذي يميز الاحتكاك بين السطحين (طبيعة السطحين) مع العلم انه لا يتعلق إلا بطبيعة السطحين.

$$\mu_s = \frac{f_s}{N} = \frac{P\sin\alpha}{P\cos\alpha} \Rightarrow \mu_s = \tan\alpha$$

حيث: μ_s :معامل الاحتكاك السكوني.

نتابع الزيادة في ميلان اللوح حتى نصل الى زاوية α تزيد بكمية صغيرة عن α فنلاحظ ان الصندوق بدأ في الحركة

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{R} + \vec{P} = m\vec{a}$$

$(x\,x')$

$$f_c - P\sin\alpha = -ma \Rightarrow f_c = P\sin\alpha - ma$$

$(y\,y')$

$$N - P\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = P\cos\alpha$$

$$\mu_c = \frac{f_c}{N} = \frac{P\sin\alpha - ma}{P\cos\alpha} \Rightarrow \mu_c = \tan\alpha - \frac{a}{g\cos\alpha}$$

بينت التجارب أن: - μ_c اقل من μ_s

μ_c مستقل عن السرعة بصورة محسوسة فهو ثابت خلال الحركة.

ب- مقاومة الموائع: ان التجارب بنيت ان هناك قوى تطبقها الموائع ومن بينها الهواء على الاجسام المتحركة بداخلها وذلك من اجل السرعة المختلفة حيث ان: $\vec{f} = -K\eta\vec{v}$

K : ثابت يتعلق بهندسة الجسم.

η : معامل اللزوجة ويتعلق بالوسط.

$\vec{v}$: تمثل سرعة الجسم.

ج- القوى المرنة: نعتبر انه لدينا نابض ثابت مرونته κ مثبت من أحد طرفيه وهو في حالة راحة نقوم بعملية سحب لهذا النابض من طرفه الاخر اذن حسب قانون نيوتن الثالث (لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه) سيكون النابض رد فعل والمتمثل هنا في قوة الارجاع $\vec{F}$ التي تناسب طرديا مع الاستطالة وبعكس الاتجاه:

$$\vec{F} = -\kappa\overrightarrow{OM}$$

4-العزم الحركي :

1- عزم القوة :

هو كمية فيزيائية تعبر عن مقدرة القوة على إحداث حركة دورانية للجسم حول محور الدوران ، إذا عزم القوة $\vec{F}$ المطبقة في النقطة M بالنسبة ل O هو الجداء الشعاعي بين $\vec{r}$ و القوة $\vec{F}$ ويكون معرف كما يلي :

$$\vec{\mu} = \vec{r} \times \vec{F}$$

2-العزم الحركي بالنسبة لنقطة ثابتة:

العزم الحركي لنقطة مادية M كتلتها m وكمية حركتها $\vec{P}$ بالنسبة للنقطة O ب :

$$\overrightarrow{L_{M/O}} = \vec{r} \times \vec{P}$$

ويسمى أيضا عزم الدفع الخطي (الدفع الزاوي)

3-نظرية العزم الحركي :

في نقطة O مشتق العزم الحركي لنقطة مادية يساوي عزم القوة المطبقة عليه :

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{r} \times \vec{P})$$

$$= \frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{P} + \vec{r} \times \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$= \vec{v} \times m\vec{v} + \vec{r} \times \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{r} \times \overrightarrow{F_{ext}}$$

إن العلاقة الاخيرة ماهي الا كيفية أخرى لكتابة العلاقة الاساسية $\left(\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}\right)$ ولا تعني شيئا اخرا مع انها تبدو أكثر تعقيدا في عبارتها إلا انها ستفيدنا خصوصا في الحركات الدورانية.