بسم الله الرحمن الرحيم

الفيزياء للمهندسين

علم الميكانيك

كلية الهندسة المدنية – السنة الأولى د.

صبا عياش

واحدات القياس الأساسية و المشتقة

من أهم واحدات القياس المستعملة واحدة الطول (m)، الكتلة (kg)، الزمن(s)
و من الممكن أن تكون وحدة القياس في بعض الحالات كبيرة أو صغيرة فنلجأ لواحدات مشتقة عنها ، و يبين الجدول التالي أهم الواحدات المشتقة (البادئة من مضاعفات العدد 10)

Power	Prefix	Abbreviation	Power	Prefix	Abbreviation
10^{-24}	yocto	y	10^{3}	kilo	k
10^{-21}	zepto	z	10^{6}	mega	M
10^{-18}	atto	a	10^{9}	giga	G
10^{-15}	femto	f	10^{12}	tera	T
10^{-12}	pico	p	10^{15}	peta	P
10^{-9}	nano	n	10^{18}	exa	E
10^{-6}	micro	μ	10^{21}	zetta	Z
10^{-3}	milli	m	10^{24}	yotta	Y
10^{-2}	centi	c			
10^{-1}	deci	d			

مراجعة عامة عن الأشعة

تقسم المقادير الفيزيائية إلى :

مقادير سلمية تعبر عن كم المقدار الفيزيائي الذي يحمل شدة معينة مثل الكتلة و الزمن ودرجة الحرارة و الطاقة.

مقادير شعاعية (متجهية) و هي المقادير التي تحمل كما و اتجاها معينا مثل السرعة و التسارع و القوة و العزم و الحقل الكهربائي.

نقول عن كميتين شعاعيتين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ أنهما متساويتان إذا تحقق الشرطان :

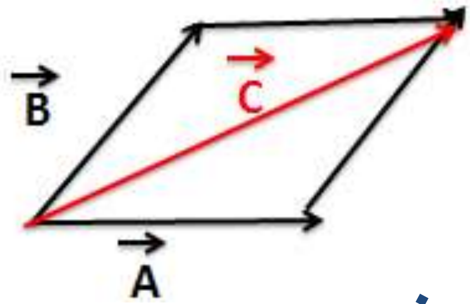
يكون لكلا الشعاعين المقدار العددي نفسه (الطويلة) أي $|\vec{B}| = |\vec{A}|$

-يكون لكلا الشعاعين الجهة نفسها أي اتجاه الشعاع $\vec{A}$ = اتجاه الشعاع $\vec{B}$

مراجعة عامة عن الأشعة

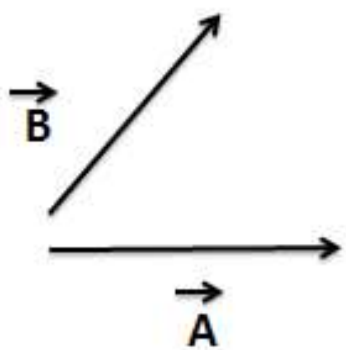
جمع شعاعين : يعطى حاصل جمع شعاعين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بالعلاقة :
$\vec{C}=\vec{A}+\vec{B}$، ويوجد طريقتين لجمع الأشعة :

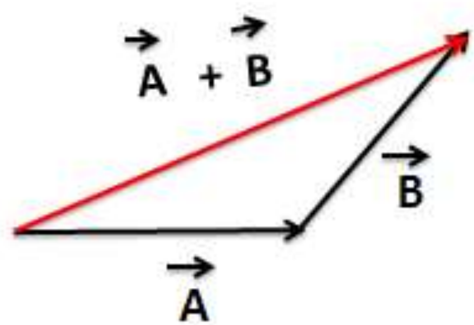
أولا : طريقة متوازي الأضلاع:



يتم في هذه الطريقة إتمام الشكل لمتوازي أضلاع و يكون قطر متوازي الأضلاع هو الشعاع الناتج$(\vec{C})$ عن جمع الشعاعين A و B.

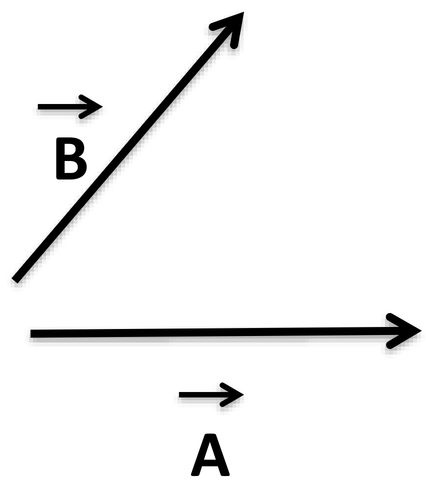
ثانيا : طريقة مثلث الأشعة: في هذه الطريقة يرسم من نهاية الشعاع الأول شعاع يوازي الشعاع $\vec{B}$ ، و يكون الشعاع الناتج $\vec{C}$ هو الشعاع الذي يبدأ بالشعاع $\vec{A}$ و ينتهي بالشعاع $\vec{B}$.

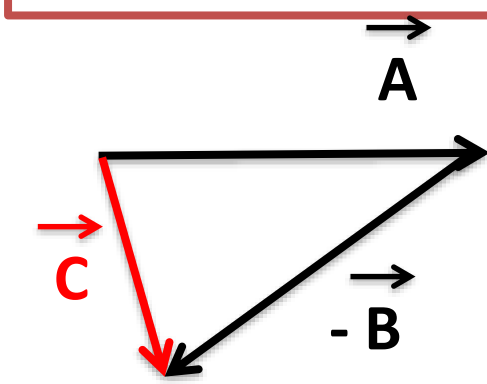




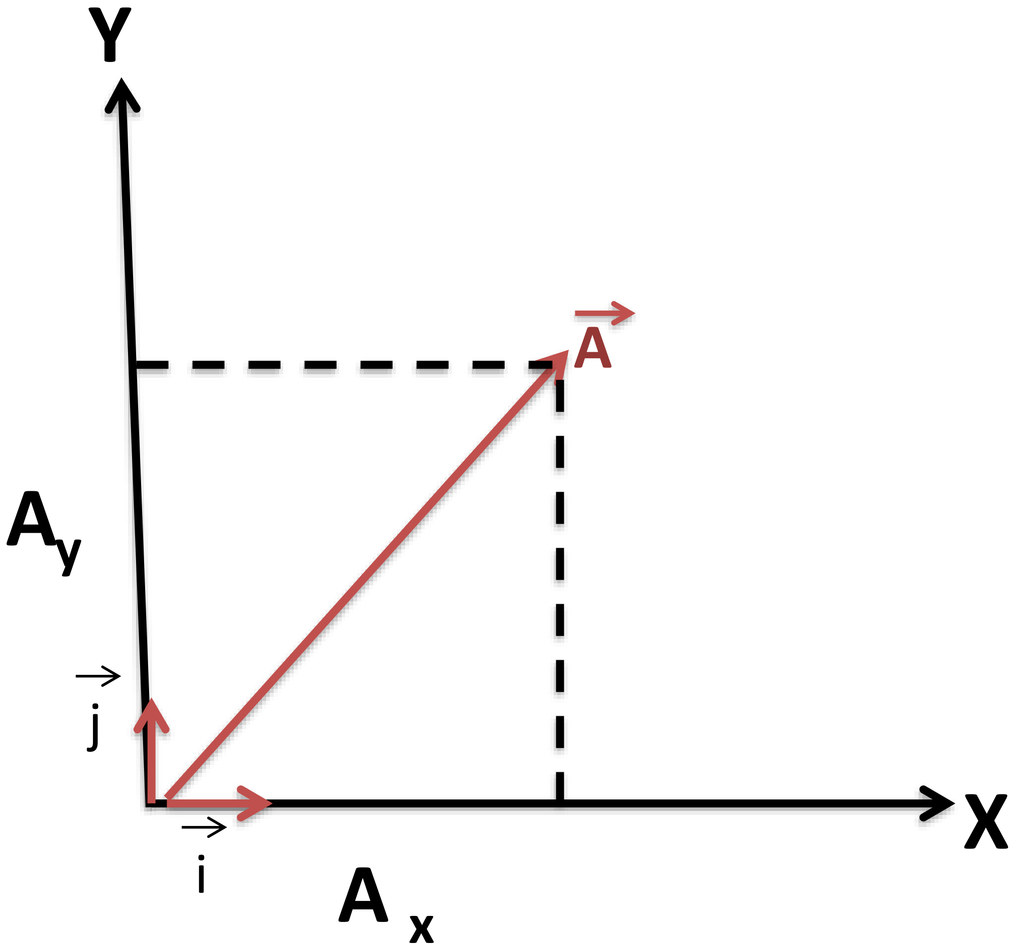
طرح الأشعة : الطرح و الجمع عملية واحدة لكن في الطرح يجمع الشعاع A مع معاكس الشعاع B

$$\vec{C} = \vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$





القيمة المطلقة لشعاع : الطول الجبري لشعاع او القيمة العددية لشعاع



$$\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j}$$

$$|\mathbf{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

الجداء الشعاعي

يوجد طريقتين لجداء الأشعة : الجداء السلمي و الجداء الشعاعي (الخارجي)

الجداء السلمي لشعاعين و $\vec{A}$ و $\vec{B}$ نتيجته كمية سلمية : عدد C و يعطى بالعلاقة

$$C=\vec{A}.\vec{B}=|\vec{A}|.|\vec{B}|.cos\theta$$

يمكن أن يحسب الجداء السلمي من مركبات الشعاعين وفق المحورين X و Y

الجداء الخارجي لشعاعين

$\vec{A}$ و $\vec{B}$ ينتج عنه شعاع $\vec{C}$ و يعطى بالعلاقة :

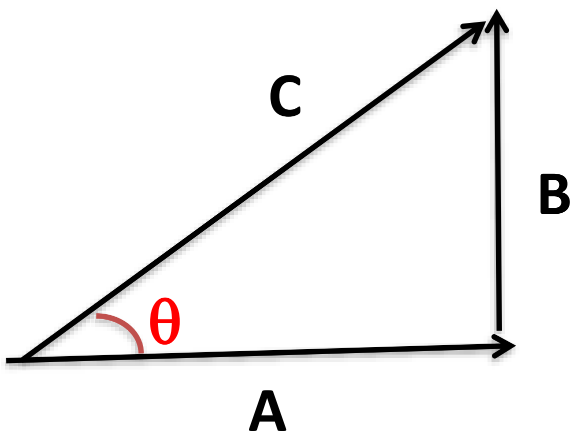
$$\vec{C}=\vec{A}X\vec{B}=|\vec{A}|.|\vec{B}|.Sin\theta$$

تذكرة رياضية

ليكن لدينا الشعاعين المتعامدين فيما بينهما $\vec{A}$ و $\vec{B}$:

تعطى محصلة الشعاعين وفق نظرية فيثاغورث بالعلاقة :

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

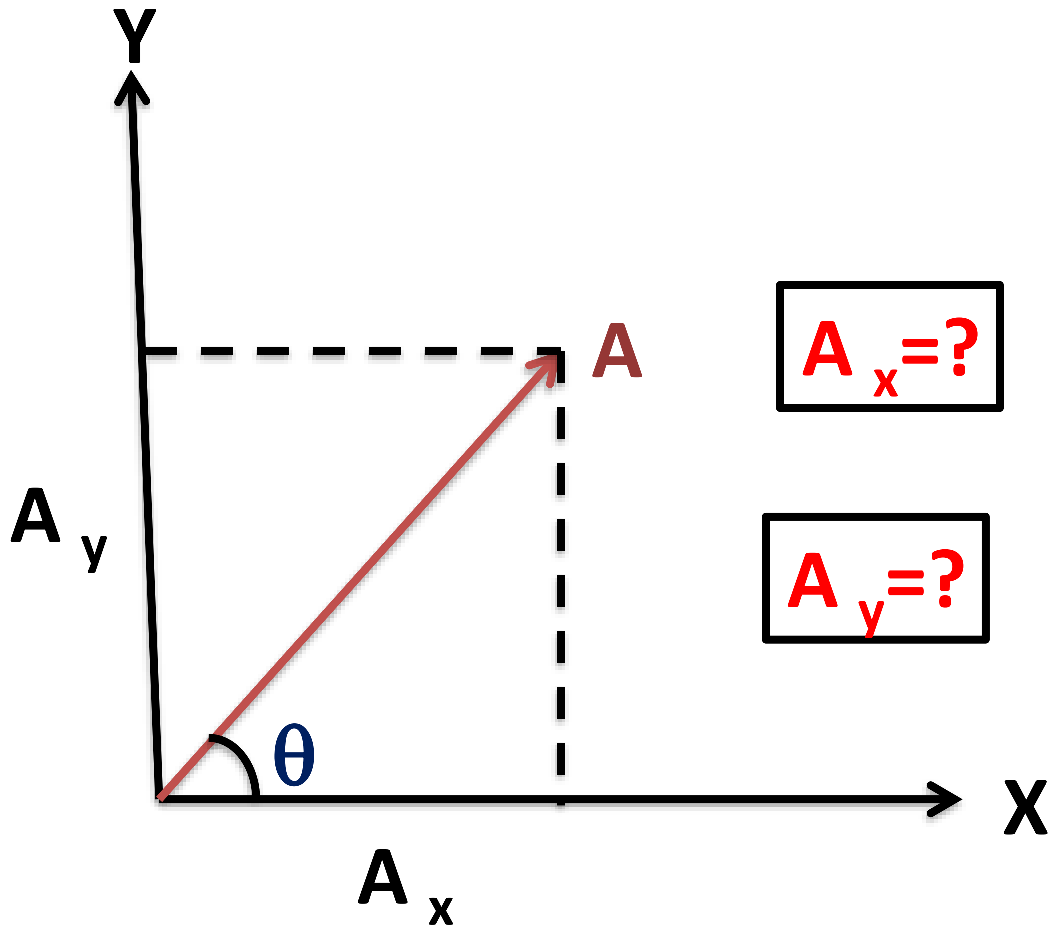


$$\sin\theta = \frac{B}{C}$$

$$\cos\theta = \frac{A}{C}$$

$$Tg\theta = \frac{B}{A}$$

تحليل الأشعة



$\boxed{A_x = ?}$

$$A_x = |\boldsymbol{A}| \cos\theta$$

$\boxed{A_y = ?}$

$$A_y = |\boldsymbol{A}| \sin\theta$$

علم الميكانيك

ينقسم علم الميكانيك إلى ثلاثة محاور :

- التحريك
- الحركة
- التوازن السكوني

دراسة القوى المطبقة على الأجسام

القوة : وهي عبارة عن كمية فيزيائية شعاعية توصف من خلال نقطة التأثير و الاتجاه و الشدة، و ينتج عن تطبيقها على الجسم تشوه الجسم أو تغير في حركته (وفقا لطبيعة الجسم)، و نلحظ أثر القوة في العديد من الأمثلة مثل استطالة نابض نتيجة تطبيق ثقل عليه (قوة ثقل الحمولة المطبقة) وتسارع الأجسام أثناء سقوطها وفقا لقوى التجاذب مع الأرض.

يوجد العديد من تصنيفات القوى وفق عدة اعتبارات نذكر منها :

تصنيف القوى

التصنيف الأول وفقا لمجال التأثير: قوى تماس مباشر (اتصال) وقوى حقلية (ناتجة عن تأثير حقول كحقل الجاذبية الأرضية و الحقل الكهربائي).

التصنيف الثاني وفقا لتوزع القوة على الجسم: قوى حجمية وسطحية وخطية

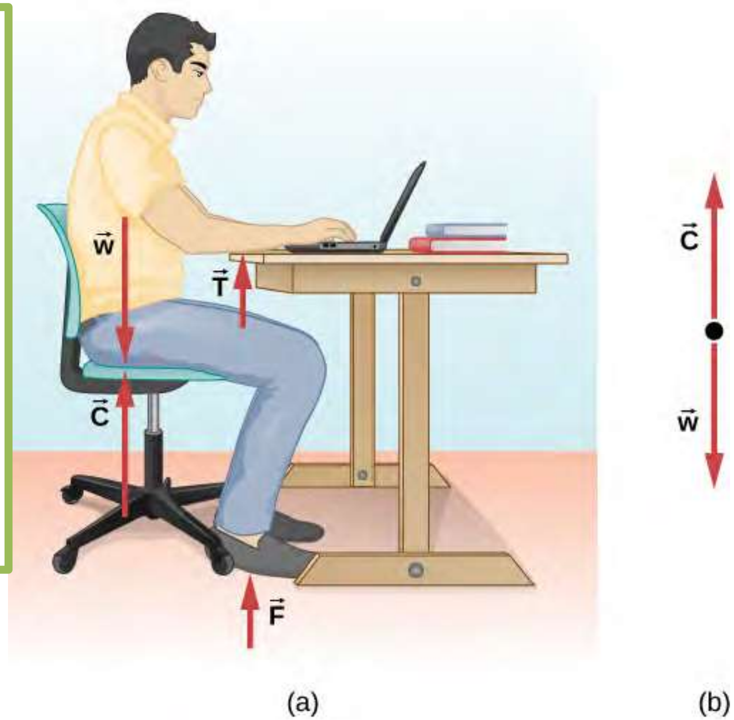
التصنيف الثالث وفقا لنوع القوة: قوى خارجية وقوى داخلية

قوى التماس المباشر و القوى الحقلية

تنتج قوى التماس المباشر عن الاتصال الفيزيائي المباشر بين الأجسام ، أما القوى الحقلية فهي القوى المؤثرة على الجسم دون اتصال فيزيائي بالضرورة مثل القوى الناتجة عن تأثير الجاذبية الأرضية (قوة الوزن أو الثقل W) أو عن تأثير الحقل الكهربائي (القوة الكهربائية) .

نأخذ مثال عن هذه القوى حالة طالب يجلس على كرسي و يستند على طاولة

القوى الحقلية : قوة الثقل الناتجة عن تأثير حقل الجاذبية الأرضية W
قوى التماس المباشر : القوة T و القوة C و القوة F) الناتجة عن التماس بين جسم الطالب مع الطاولة و الكرسي و أرضية الغرفة،على الترتيب).

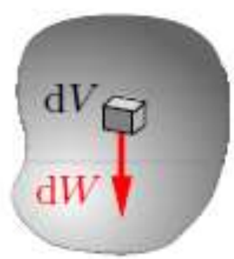


القوى الحجمية و القوى السطحية و القوى الخطية

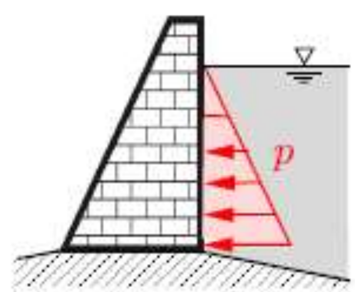
القوى الحجمية Volume Force : تتوزع القوى على كامل حجم الجسم ، وكمثال عليها الوزن حيث ينقسم الحجم الكلي للجسم V لعناصر حجمية لامتناهية في الصغر dV تحمل أوزان عنصرية صغيرة dW و يكون الوزن الكلي عبارة عن مجموع الأوزان العنصرية المكونة هذا الجسم.

القوى السطحية Surface Force : تنشأ هذه القوى على سطح الجسم أو في المساحة الفاصلة بين جسمين متصلين مع بعضهما البعض. مثال هذه القوى القوى الموزعة على مساحة سطح سد معرض لضغط الماء

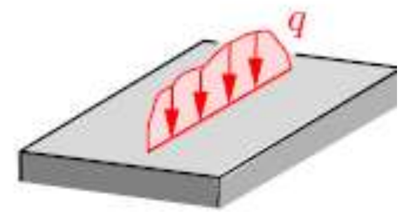
القوى الخطية Linear Force: القوى الموزعة بشكل مستمر على طول خط مستقيم، مثل القوى الموزعة على طول سلك كهربائي أو القوة الموزعة q على طول شفرة مطبقة على عينة عند نقاط الاحتكاك (كما في الشكل).



a
قوى حجمية



b
قوى سطحية

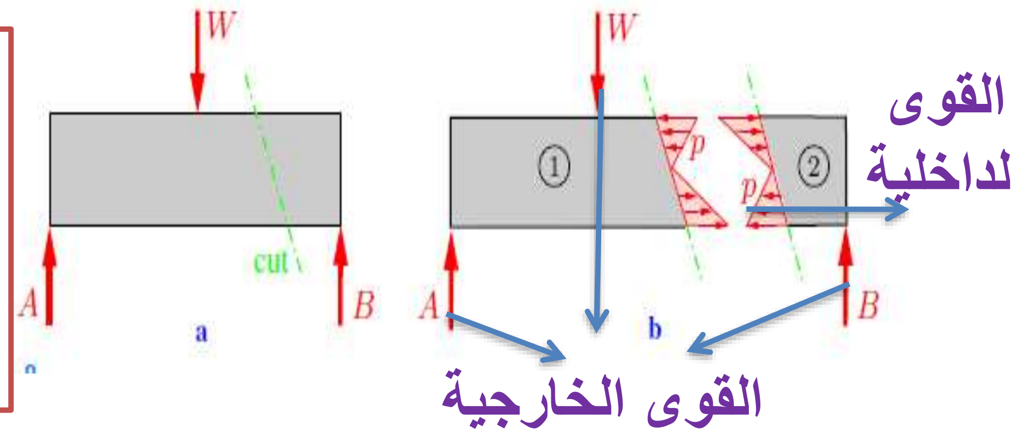


c
قوى خطية

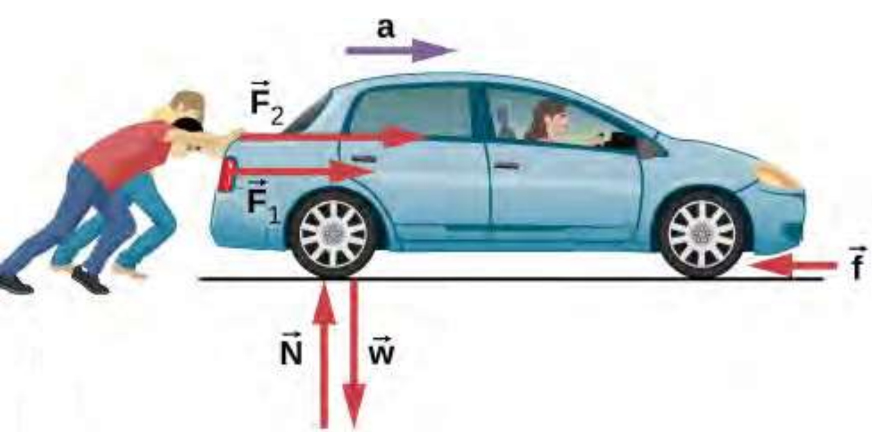
القوى الخارجية و القوى الداخلية

القوى الخارجية: وهي القوى المطبقة على الجسم من خارج الجملة الميكانيكية المدروسة مثل قوة الوزن أو الثقل (وزن الجسم المدروس أو الأوزان المطبقة عليه) – قوى ردود الفعل.

القوى الداخلية : وهي القوى التي تنشأ بين أجزاء الجملة الواحدة مثل القوى السطحية التى تنشأ بين سطحى أجزاء الجملة الواحدة في منطقة التماس بينهما



مثال على القوى الخارجية و الداخلية جملة مكونة من سيارة +سائق يجلس بداخلها) و يجرها من الخارج رجلان .



القوى الخارجية : f,N,W,F_2,F_1

القوى الداخلية : قوة رفع مكابح السيارة من قبل السائق.

قوانين نيوتن

قانون نيوتن الثاني

يدرس قانون نيوتن الثاني استجابة الجسم الميكانيكية للتغيرات الميكانيكية في المحيط ، وهو قانون كمي يحسب التغير في الحركة نتيجة تطبيق القوى الخارجية على الجسم أي وجود تسارع غير معدوم.

ينص قانون نيوتن الثاني على أن معدل تغير اندفاع حركة جسم ما(شعاع كمية الحركة (P) يساوي إلى محصلة القوى الخارجية المؤثرة على هذا الجسم ،(حيث p=mv)

$$\sum F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = m\frac{dv}{dt} = m\ a$$

N

Kg

m/s^2

قوانين نيوتن

قانون نيوتن الأول

يبقى الجسم في حالة راحة (سكون) أو في حالة حركة وفق سرعة ثابتة ما لم تؤثر قوة خارجية عليه

إذا انعدمت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على جسم ما فإن الجسم يتحرك <u>حركة مستقيمة منتظمة أو يبقى ساكنا (سرعته معدومة)</u>

$$dv/dt=0 \Leftarrow a=0 \Leftarrow \sum F=0$$

$v=const$ (حركة مستقيمة منتظمة)

$v=0$ (الجسم ساكن)

قوانين نيوتن

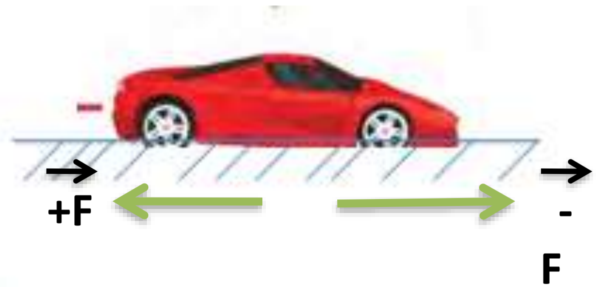
قانون نيوتن الثالث

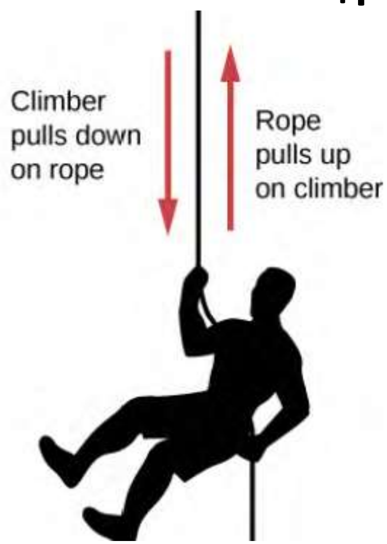
إذا أثر جسم أول A على جسم ثاني B بقوة $\vec{F}_{AB}$ فإن الجسم الثاني يرد على الجسم الأول بقوة تساويها بالشدة وتعاكسها بالجهة $-\vec{F}_{BA}$.

مثال :ثقل الجسم الموضوع على الأرض W وردة فعل الأرض على الجسم N

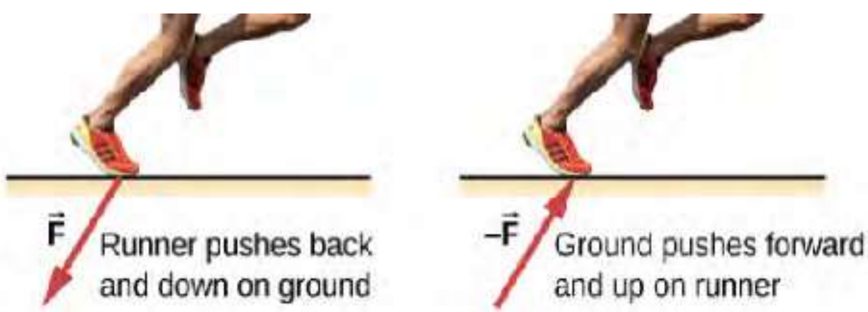
أمثلة أخرى على قانون نيوتن الثالث

تتسارع السيارة للأمام نتيجة رد فعل الأرض على العجلات $-\vec{F}$ (بقوة جهتها للأمام) معاكسة للقوة التي تطبقها العجلات على الأرض بقوة جهتها للوراء $+\vec{F}$





لدى تسلق الجبال يسحب المتسلق الحبل للأسفل بينما يدفعه الحبل للأعلى كقوة رد فعل على المتسلق



يدفع العداء الرياضي بقدمه على الأرض للوراء و الأسفل بقوة $+\vec{F}$ فتدفعه الأرض للأمام و الأعلى بقوة رد فعل $-\vec{F}$

Friction force – قوة الاحتكاك

❖**قوى الاحتكاك :** قوى تؤثرفي الجسم الساكن (لممانعة بدء الحركة)، و في الجسم المتحرك بالنسبة لجسم آخر لإعاقة الحركة ، وتكون جهتها معاكسة لجهة الحركة.

❖تنشأ قوى الاحتكاك عن مواضع التلامس بين الجسم و السطح الذي يتوضع عليه بشكل موازي لسطوح الاحتكاك بين الجسمين.

❖تتعلق قوى الاحتكاك بطبيعة الجسمين و تكون قيمتها عالية نسبيا في السطوح الخشنة و صغيرة في السطوح المصقولة.

تكون قوة الاحتكاك في حالة السكون > قوة الاحتكاك في حالة الحركة

قوة الاحتكاك

تعطى قوة الاحتكاك السكونية (في حالة السكون) وفق العلاقة:

$$f_s \leq \mu_s N$$

حيث $\mu_s N$ القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكونية

μ_s معامل الاحتكاك السكوني، N رد الفعل عند نقطة التماس.

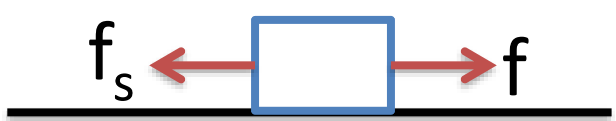
لدى تطبيق قوة f على الجسم لتحريكه، تنشأ قوة الاحتكاك السكونية f_s لتمنع تحريكه ، فإذا كانت القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكونية $f_{s\,max} = \mu_s N$، نجد:

$f_{s\,max} > f$ لا توجد حركة ، تكون قوة الاحتكاك سكونية

$f_{s\,max} = f$ بدء الشروع بالحركة وهذا ما يوافق القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكونية.

$f_k < f$ بدء الحركة : تتناقص قوة الاحتكاك وتتحول من سكونية إلى حركية.

حالة توازن و سكون: $f = f_s \leq \mu_s N$



بدء الشروع بالحركة $f = f_{s\,max} = \mu_s N$

قوة الاحتكاك

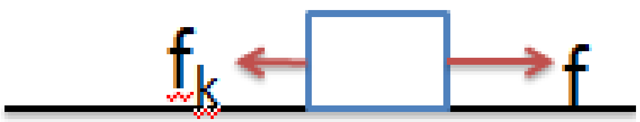
تعطى قوة الاحتكاك الحركية(في حالة الحركة) بالعلاقة

$$f_k=\mu_K N$$

حيث μ_K معامل الاحتكاك الحركي

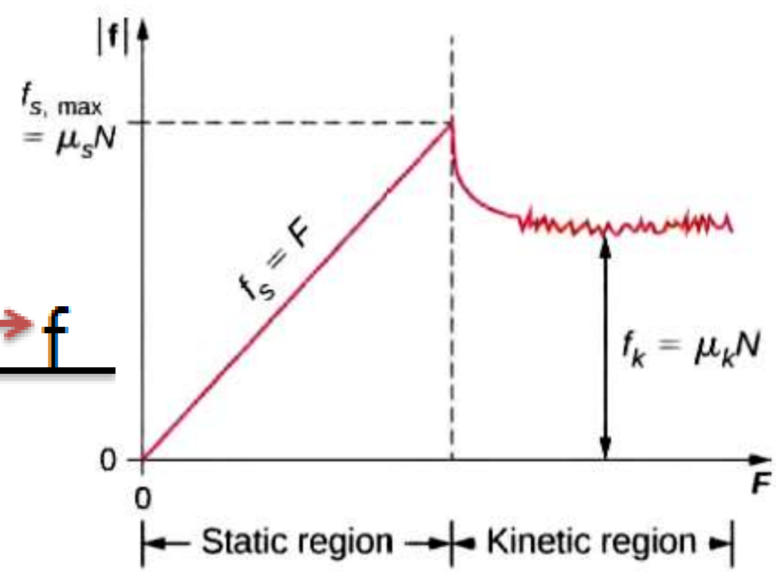
N رد الفعل عند نقطة التماس

ليس لمعامل الاحتكاك السكوني و الحركي واحدة و تعد معاملات الاحتكاك من الثوابت المتعلقة بطبيعة الجسم



الحركة موجودة: $f > f_k$

(بدء الحركة)

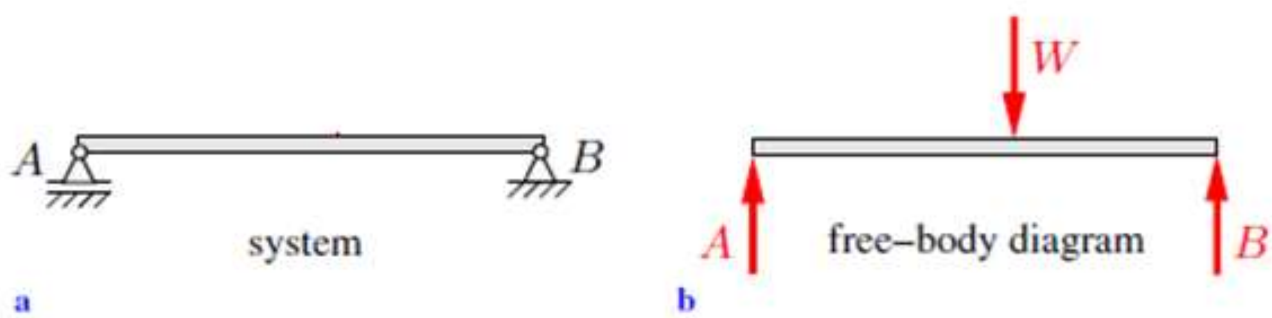


$f_s > f_k$`

مخطط الجسم الحر و قوى ردود الفعل

مخطط الجسم الحر : وهو رسم تخطيطي يظهر القوى الخارجية التي تؤثر على الجسم أو الجملة المدروسة (يتم اعتماد القوى الخارجية فقط ولا توضع القوى الداخلية في مخطط الجسم الحر) ، و تمثل القوى المؤثرة على الجسم بأشعة موجهة وفق جملة محاور إحداثية (X، Y)

مثال : ليكن لدينا جسر خشبي وزنه W(قوة ثقل الجسم) ، توضع مساند (دعامات) AوB لمنع حركة الجسر و تثبيته .تؤثر هذه المساند على الجسر بقوى ردود فعل (A و B) . تظهر قوى ردود الفعل (A و B) على مخطط الجسم الحر عوضا عن القيود الهندسية على الجسر عبر المساند A و B و تسمى هذه العملية بعزل (تحرير) الجسم .و تكون القوى الخارجية الممثلة في مخطط الجسم الحر هي :قوة الثقل W، قوى ردود الفعل عند المساند AوB.

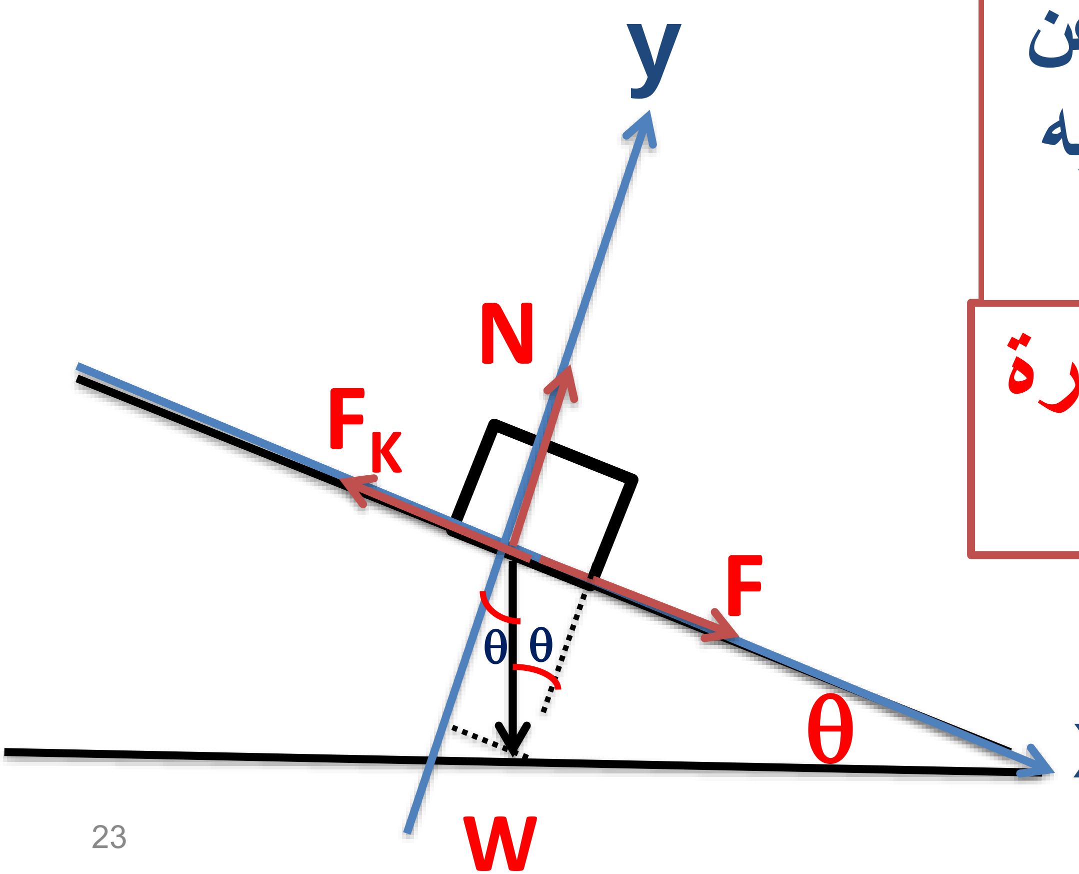


مثال على تحديد القوى المؤثرة على جسم يتحرك على مستوي

ينزلق جسم تحت تأثير قوة جر F على مستوي يميل عن الافق بزاوية θ و تؤثر عليه قوة الاحتكاك Fk

ماهو مخطط القوى المؤثرة على الجسم ؟

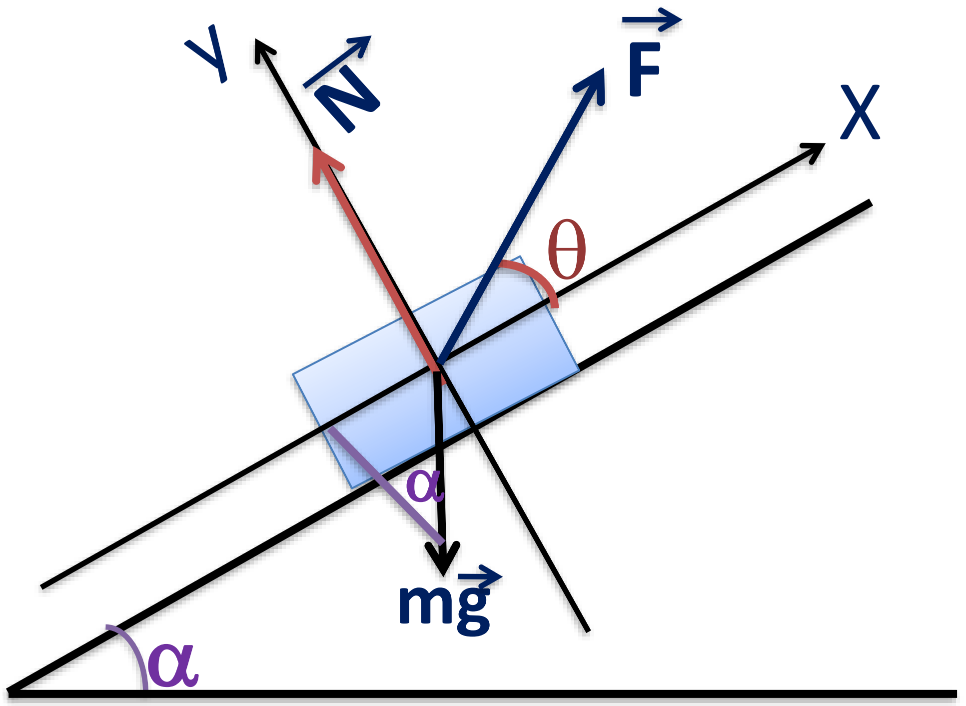
متى يتحرك الجسم ومتى يبقى ساكنا؟



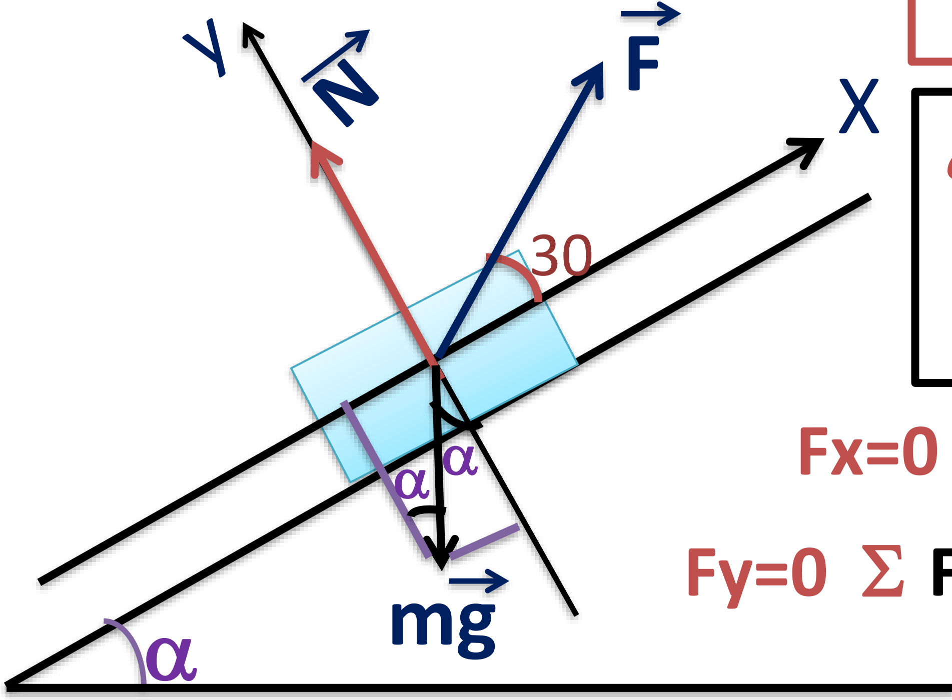
يتحرك جسم كتلته m على لوح يميل عن الأفق بزاوية α، تؤثر على الجسم قوة F (تصنع زاوية θ مع اللوح)، و المطلوب :

عين القوى المؤثرة على الجسم وفق المحورين X و Y ؟

ماهو شرط توازن الجسم ؟



ليكن لدينا جسم كتلته m=10kg يتوضع على مستوي يميل عن الأفق بزاوية α، تؤثر عليه القوة F=50N (التي تميل عن المستوي بزاوية θ=30)، فأوجد:



- زاوية ميل الطريق α في حال سكون الجسم؟

سكون الجسم أي الجسم في حالة توازن : $\Sigma Fx=0$, $\Sigma Fy=0$

$\Sigma Fx=0$: $F\cos\theta - mg\sin\alpha = 0$

$\Sigma Fy=0$: $F\sin\theta + N - mg\cos\alpha = 0$

$\alpha = 25.5$

علم الحركة

يعرف علم الحركة بأنه العلم الذي يدرس المقادير الفيزيائية المتعلقة بالحركة كالسرعة و التسارع و الزمن و المسافة .

السرعة المتوسطة $\bar{V}$

$$\bar{V} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

السرعة اللحظية V

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{V} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

التسارع الوسطي $\bar{a}$

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

التسارع اللحظي a

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

أنواع الحركات

الحركة المستقيمة

منتظمة — متغيرة بانتظام

الحركة الدائرية

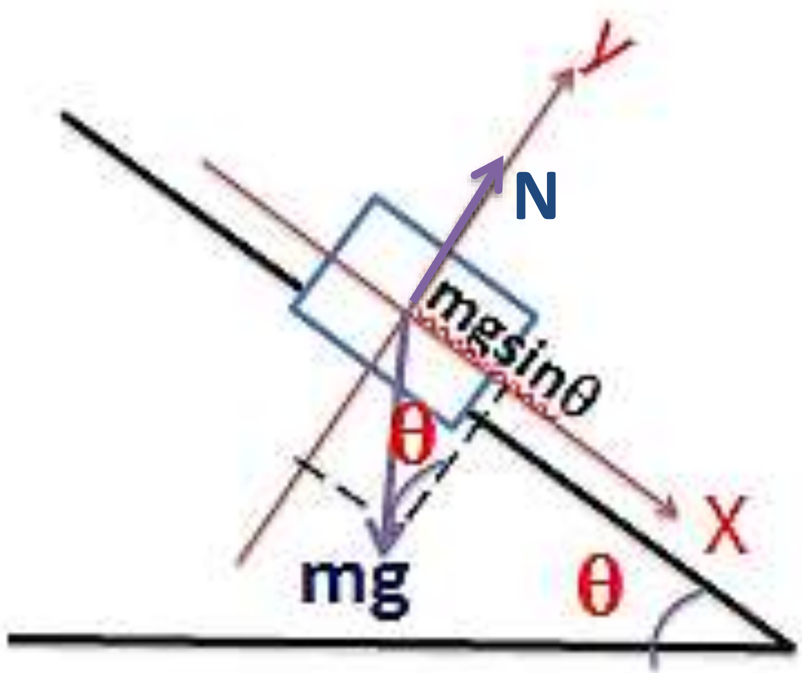
منتظمة — متغيرة بانتظام

الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام	الحركة المستقيمة المنتظمة
V متغير $\Leftarrow a=c\neq 0$	$V=const \Leftarrow a=0$
a تسارع موجب : حركة مستقيمة متسارعة بانتظام تسارعها متزايد a تسارع سالب : حركة مستقيمة متباطئة بانتظام تتباطأ السرعة خلال الحركة أو تسعى لأن تكون معدومة كما حالة الصعود على طريق مائل للأعلى	لا يوجد تسارع للجسم في الحركة المستقيمة المنتظمة
قوانين الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام $X=\frac{1}{2}at^2+V_0t+X_0$ $V=a\,t+V_0$ $V^2-V_0^2=2a\,(x-x_0)$ ↓ المسافة المقطوعة V السرعة في اللحظة t V_0 السرعة في اللحظة $t=0$	**قانون الحركة المستقيمة المنتظمة** $X=v\,t+x_0$ حيث X: موضع الجسم في اللحظة t ، X_0: موضع الجسم في اللحظة $t=0$.

مسألة عن قوانين الحركة المستقيمة

تتحرك كرة كتلتها 1kg على مستوي مائل و تكتسب بعد خمس ثواني سرعة مقدارها 2.5m/sec و المطلوب :

1)- ماهي محصلة القوى المؤثرة على الكرة؟



2) -زاوية ميل المستوي

3)-المسافة المقطوعة خلال الثانيتين الأخيرتين

الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

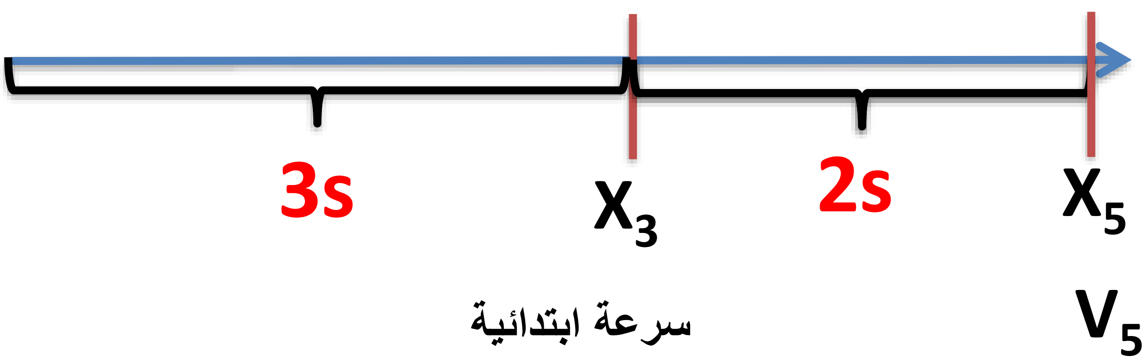
إيجاد السرعة الإبتدائية:
السرعة بعد 3 ثواني

$$v=at + v_0$$

$$X=\frac{1}{2}\,a\,t^2 \;\; ++ \; x_0v_0t$$

$$V^2 - V_0{}^2 = 2a(x-x_0)$$

طرق الحل



مسألة عن قوة الاحتكاك

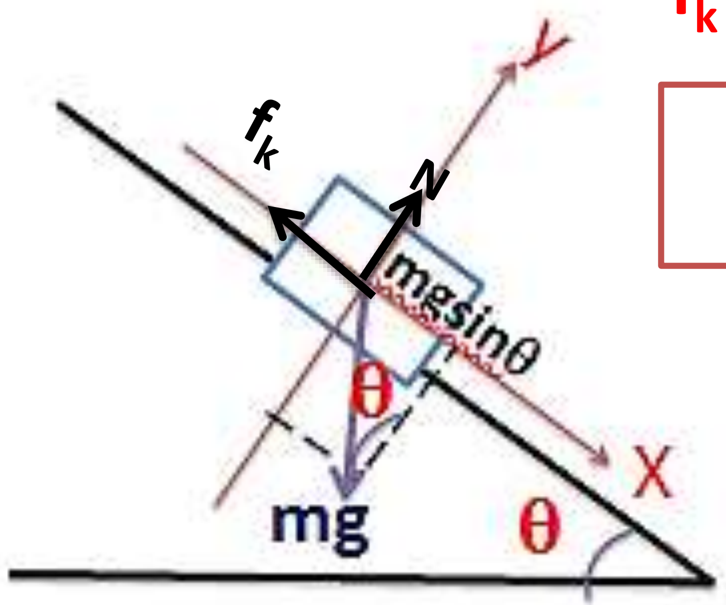
ليكن لدينا جسم يتحرك على مستوي يميل بزاوية θ عن الأفق .
أوجد زاوية ميل المستوي بفرض وجود قوة احتكاك وتحرك الجسم بسرعة ثابتة وفق حركة مستقيمة منتظمة حيث ($\mu_k=0.3$)

حركة مستقيمة منتظمة

$\Sigma a=0 \Leftarrow F_x=0$

$mg\sin\theta - f_k=0$ (1)

$f_k = \mu_k N$



$\Sigma F_y=0$

الحركة على المستوي المائل فقط
(وفق المحور X)

$N - mg\cos\theta =0$(2)

$\Leftarrow$ من 1و 2 نجد

$\boxed{tg\theta = \mu_k}$

الحركة الدائرية

هي الحركة التي يكون حامل مسارها دائرة و تسارعها غير معدوم .

السرعة الزاوية w : تغير الزاوية θ (وفق شعاع نصف القطر r) خلال زمن t : $w=\theta/t$

السرعة الخطية V : تغير المسافة خلال الزمن t و تكون محمولة على الشعاع المماسي

$$\boxed{V=R.W}$$

m/s   rad/s

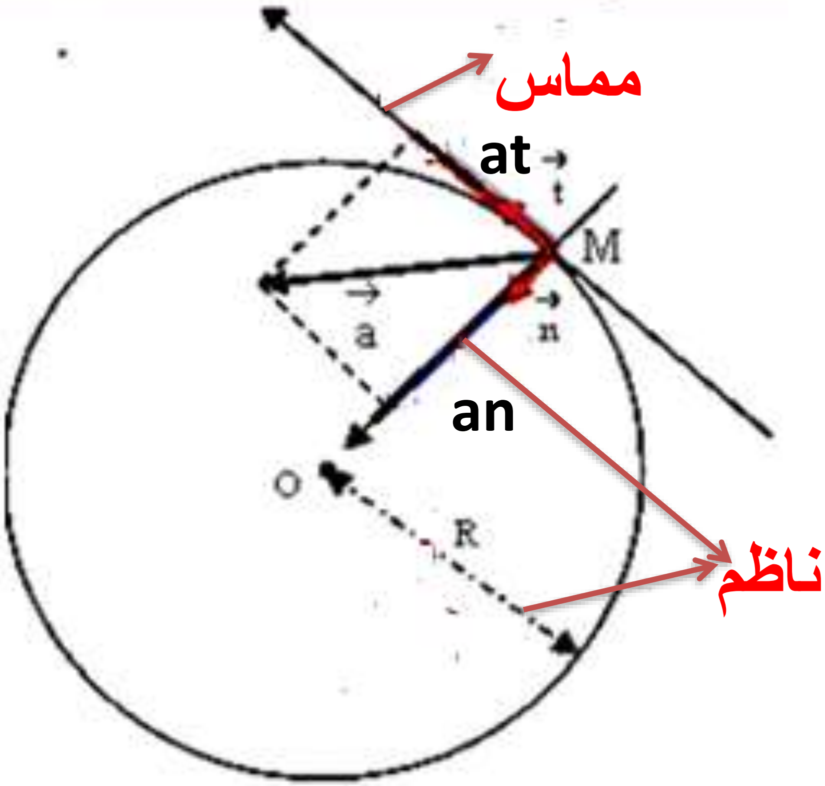
$$W=2\pi f$$

f: تواتر الحركة الدائرية

الحركة الدائرية

$$\vec{a} = a_t \vec{t} + a_n \vec{n}$$

شعاع واحدة محمول على الناظم	شعاع واحدة محمول على المماس



$$|a| = \sqrt{a_t{}^2 + an^2}$$

a_t: تسارع مماسي (خطي) للحركة
a_n: تسارع ناظمي للحركة

أنواع الحركة الدائرية

$$|a| = \sqrt{a_t{}^2 + an^2}$$

تنقسم الحركة الدورانية إلى :

حركة دائرية منتظمة :

تسارع مماسي معدوم $at=0 \Leftarrow a=an$

an# 0

حركة متغيرة بانتظام :

تسارع مماسي غير معدوم $at\#0 \Leftarrow$

$$|a| = \sqrt{a_t{}^2 + an^2}$$

الحركة الدائرية المنتظمة

الحركة الدائرية المنتظمة : التسارع المماسي معدوم أي تكون شدة السرعة ثابتة على طول المسار الدائري لكن يتغير اتجاهها باستمرار

ترتبط هذه الحركة بوجود تسارع ناظمي موجه نحو مركز الدائرة ⇐ يوجد قوة مسؤولة عن هذ التسارع تعرف بالقوة الجاذبة

الفرق بين القوة الجاذبة والقوة النابذة

القوة الجاذبة تدفع الجسم نحو مركز الدائرة و تحافظ على حركة الجسم على المسار الدائري

القوة النابذة : مساوية للقوة الجاذبة بالشدة ومعاكسة لها بالجهة وتحافظ على توازن الجسم خلال مساره الدائري

ملاحظات عن الحركة الدائرية

القوة التي تحافظ على حركة الجسم في مساره الدائري هي القوة الجاذبة المركزية المرتبطة مع التسارع المركزي (V^2/R) وفق قانون نيوتن الثاني

تمنع القوة الجاذبة المركزية الجسم من الحركة وفق مسار مستقيم من خلال العمل على تغيير اتجاه السرعة باستمرار و بالتالي استمرارية الحركة الدائرية

تكون القوة الجاذبة المركزية عمودية على اتجاه السرعة

تنطبق قوة الجاذبية المركزية مع **قوة الجاذبية** أو قوة **شد الخيط** أو قوة **الاحتكاك**

تنطبق القوة الجاذبة المركزية في حركة الأرض حول الشمس على قوة الجاذبية بين الأرض و الشمس

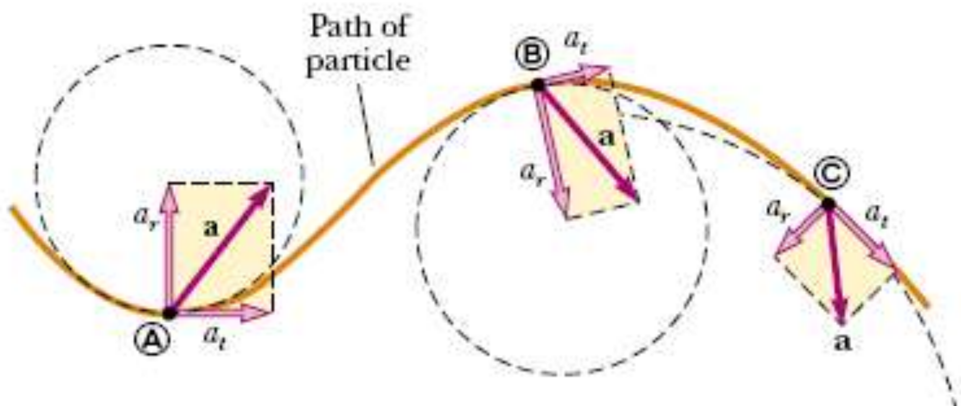
تنطبق القوة الجاذبة المركزية في حركة السيارة على منعطف دائري على قوة الاحتكاك السكونية بين إطار السيارة و أرضية الطريق ،و تمنع هذه القوة من انزلاق السيارة على الطريق الدائري.

ملاحظات عن الحركة الدائرية

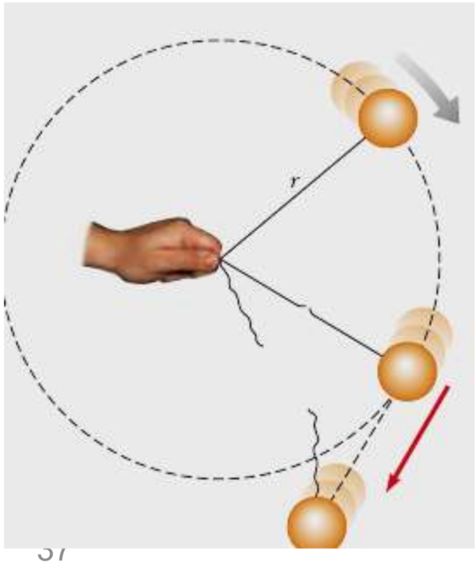
- يشترط وجود التسارع الناظمي للحركة الدائرية أي $a_n \neq 0$ دائما.
- يعطى التسارع الناظمي بالعلاقة $a_n = \frac{V^2}{R}$

$$an = \frac{V^2}{R} = w^2.R$$

تغير التسارع الناظمي وفق نصف قطر المسار



متى تتحول الحركة الدائرية إلى حركة مستقيمة؟



$R \rightarrow \infty$ $a = a_t$

الحركة مستقيمة منتظمة ؟ $a_t=0$

الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام ؟ $a_t \neq 0$

حساب القوة الجاذبة في حالة جسم معلق لحبل

ليكن لدينا جسم كتلته m معلق بخيط(حبل) طوله L يصنع مع الشاقول زاوية مقدارها 60° ويتحرك وفق مسار دائري نصف قطره r وفق الشكل المبين في الرسم أدناه ، و المطلوب حساب: عدد الدورات في الثانية ، توتر الخيط T، تعطى L=20cm,m=200g.

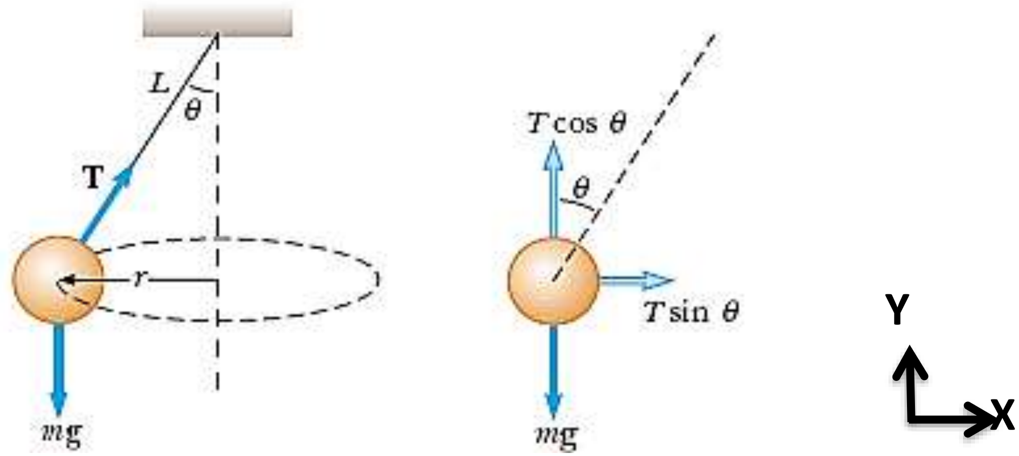
$r= L\ Sin\theta=0.2\ Sin60= 0.17m$

يتحرك الجسم (يتسارع) وفق المحور X

لا يوجد حركة وفق المحور الشاقولي

$\Sigma F_y=0 \quad T\cos\theta= mg \quad (1)$

ترتبط الحركة وفق المحور الأفقي (الناظمي) مع التسارع الناظمي an



المركبة الأفقية لقوة شد الخيط = القوة الجاذبة المركزية المسببة للحركة الدائرية المرتبطة بال

$\Sigma Fx=0, T\sin\theta=m V^2/r=mw^2 r \quad (2)$

من (1) نجد : T=4N

نعوض في (2) فنجد : w=10

علم التوازن السكونى

نقول عن جسم أنه يخضع لتوازن سكوني إذا تحقق **الشرطان التاليان:**

1)- مجموع محصلة القوى المؤثرة على الجسم معدومة أي $\Sigma F=0$

2)- محصلة عزوم القوى المؤثرة على الجسم معدومة أي $\Sigma\tau=0$

يعبر الشرط الأول للتوازن عن التوازن في الحركة الانسحابية و يرتبط مع قانون نيوتن الثاني للحركة $\Sigma F=ma$ ففي حال انعدام التسارع نحصل على حركة منتظمة أو حالة سكون (توازن سكونى) و يطبق هذا الشرط على محصلة القوى وفق المحاور الإحداثية الثلاث : $\Sigma Fx=0$ $\Sigma Fy=0$, $\Sigma Fz=0$.

يعبر الشرط الثاني للتوازن $\Sigma\Gamma=I\alpha$ عن التوازن في الحركة الدورانية و يرتبط مع قانون التسارع الدوراني للحركة الدورانية حيث I عزم عطالة الجسم في دورانه حول المحور ، ففي حالة التوازن تكون محصلة عزوم القوى معدومة إي لا يوجد عزم خارجي يسبب الدوران حول أي محور، و يطبق هذا الشرط على محصلة العزوم وفق المحاور الإحداثية الثلاث $\Sigma\Gamma x=0$ $\Sigma\Gamma z=0$, $\Sigma\Gamma y=0$

عزم القوة Γ

يدعى أثر تدوير شعاع القوة $\vec{F}$ بعزم القوة $\vec{\Gamma}$ ويعطى بالعلاقة:

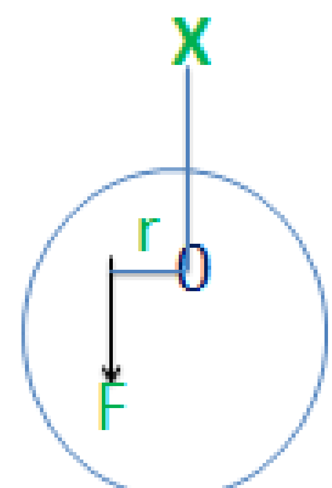
$$\vec{\Gamma} = \vec{F} \times \vec{r}$$

N.m N m

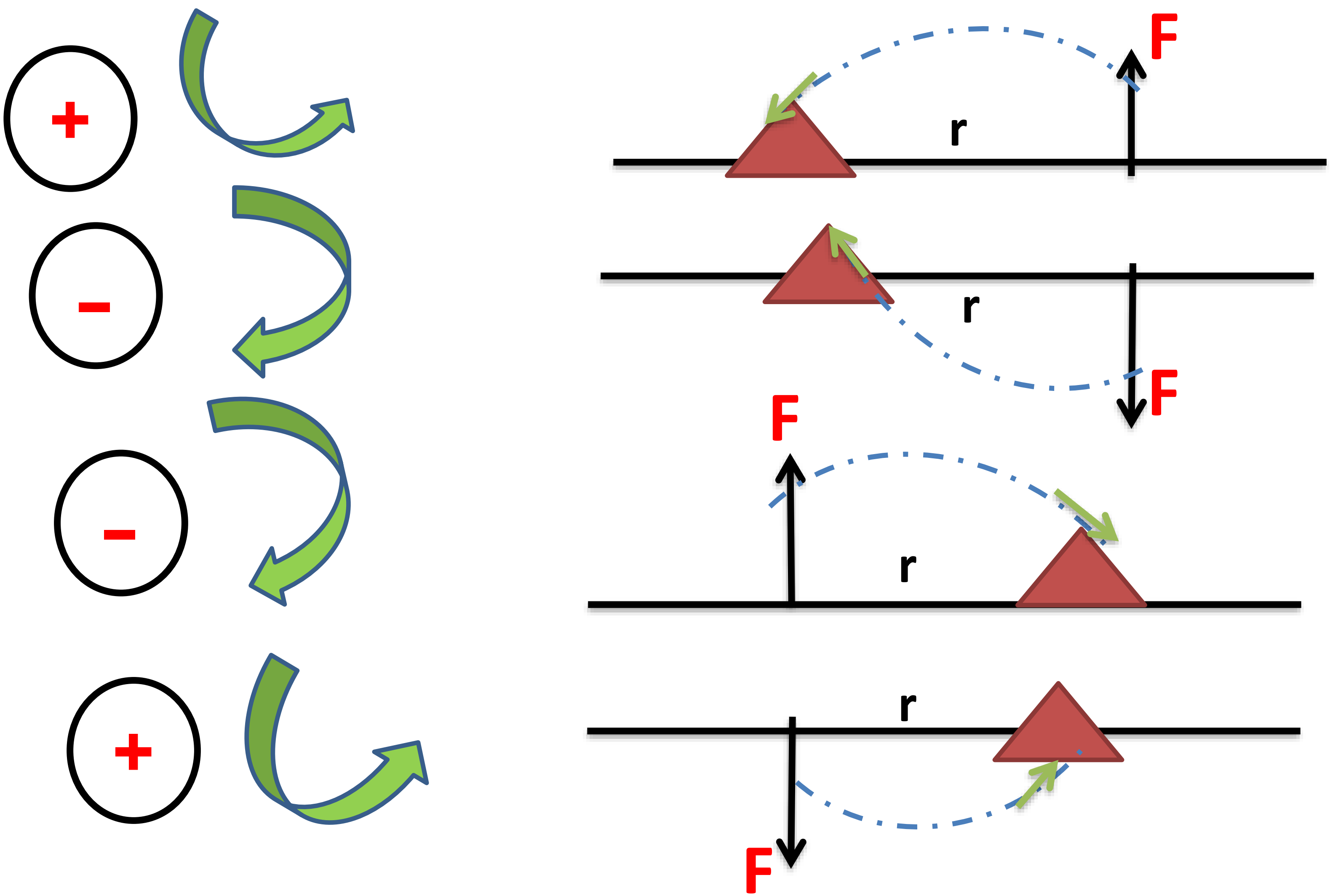
لدينا جسم مثبت من النقطة O يتحرك بحرية حول محور X يمر من النقطة O و عمودي على مستوي الجسم

$\vec{r}$ شعاع ذراع القوة : المسافة الشعاعية من المحور لنقطة تطبيق القوة.

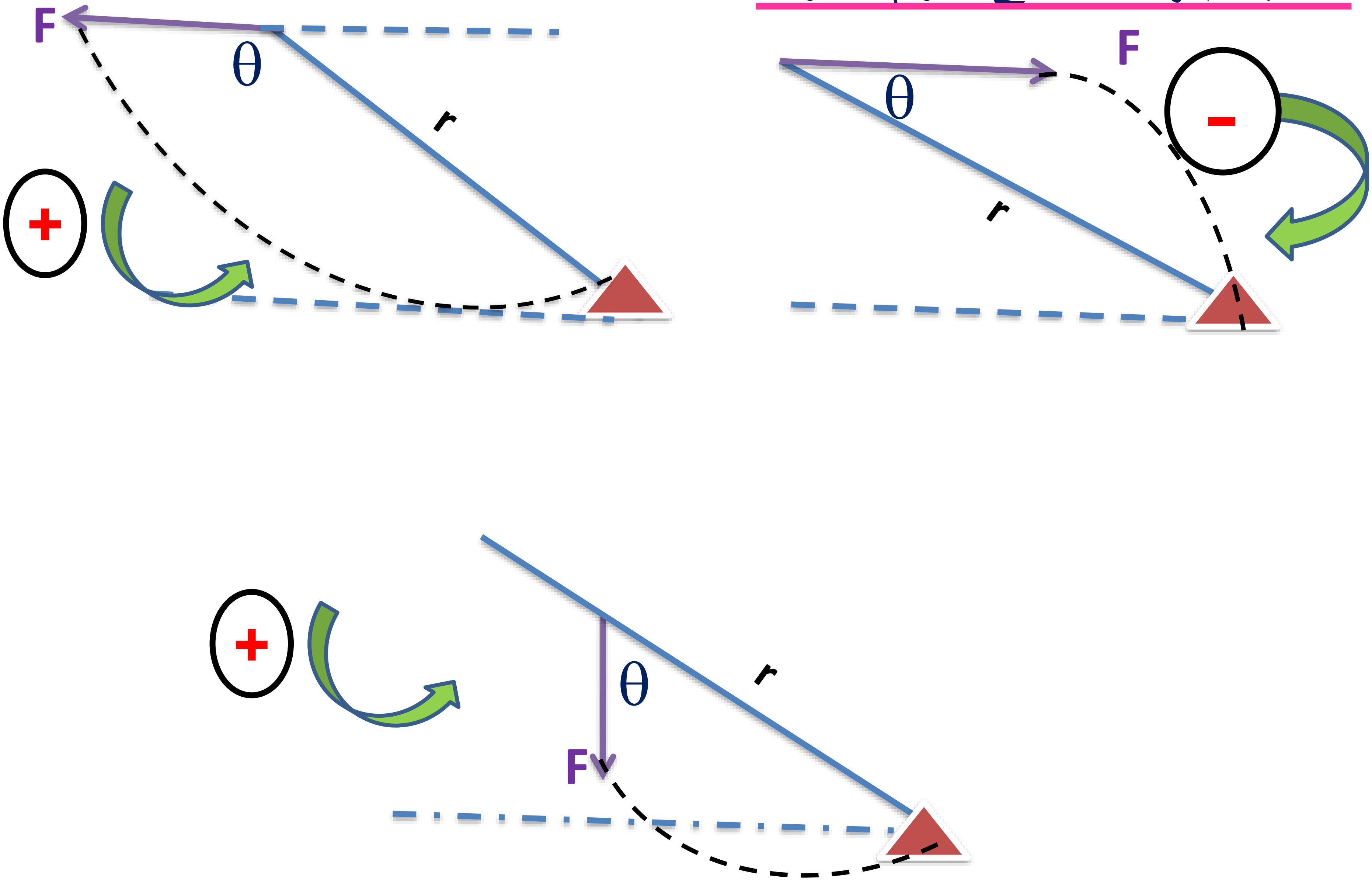
عزم القوة $\vec{\Gamma}$:كمية شعاعية تقع جهتها على محور الدوران (العمودي على مستوي (F,r)



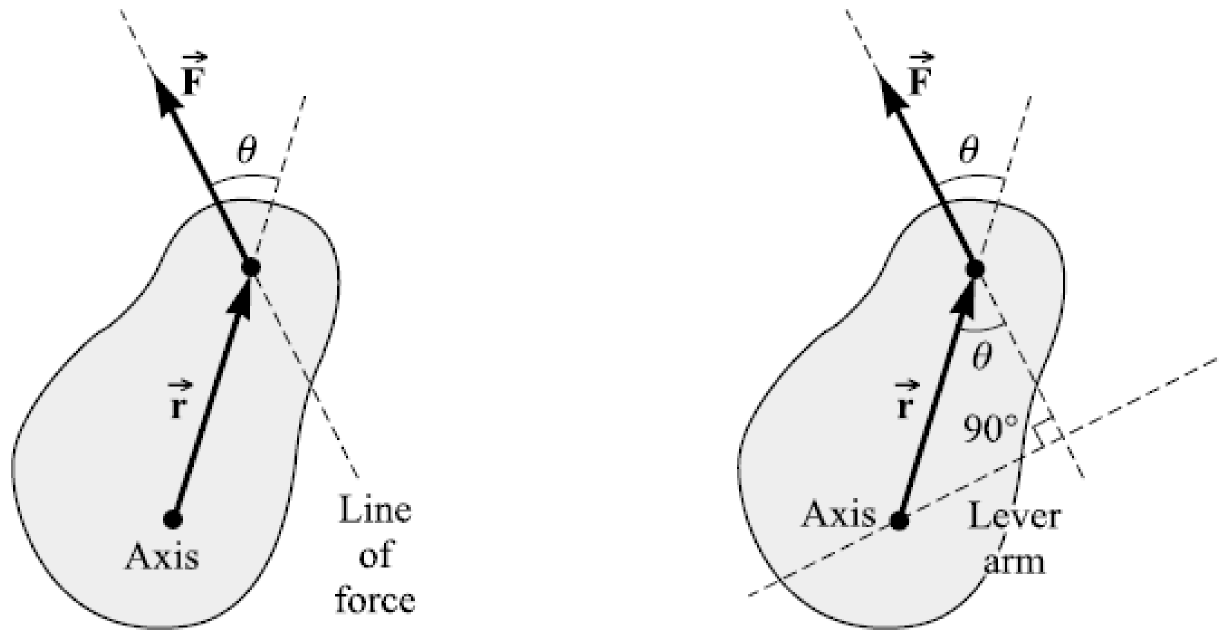
تحديد جهة شعاع عزم القوة : تكون جهة عزم القوة سالبة : للأسفل – **للداخل** (في حال دوران شعاع القوة مع عقارب الساعة بالنسبة لمحور الدوران)، وتكون موجبة : للأعلى- **للخارج** (في حال دوران شعاع القوة عكس عقارب الساعة بالنسبة لمحور الدوران).



تحديد جهة شعاع عزم القوة



تحديد الزاوية θ



تتحدد الزاوية θ بأنها الزاوية الحادة بين حاملي F و r و تكتب عادة بدلالة البعد العمودي من المحور لحامل القوة (Lever arm)

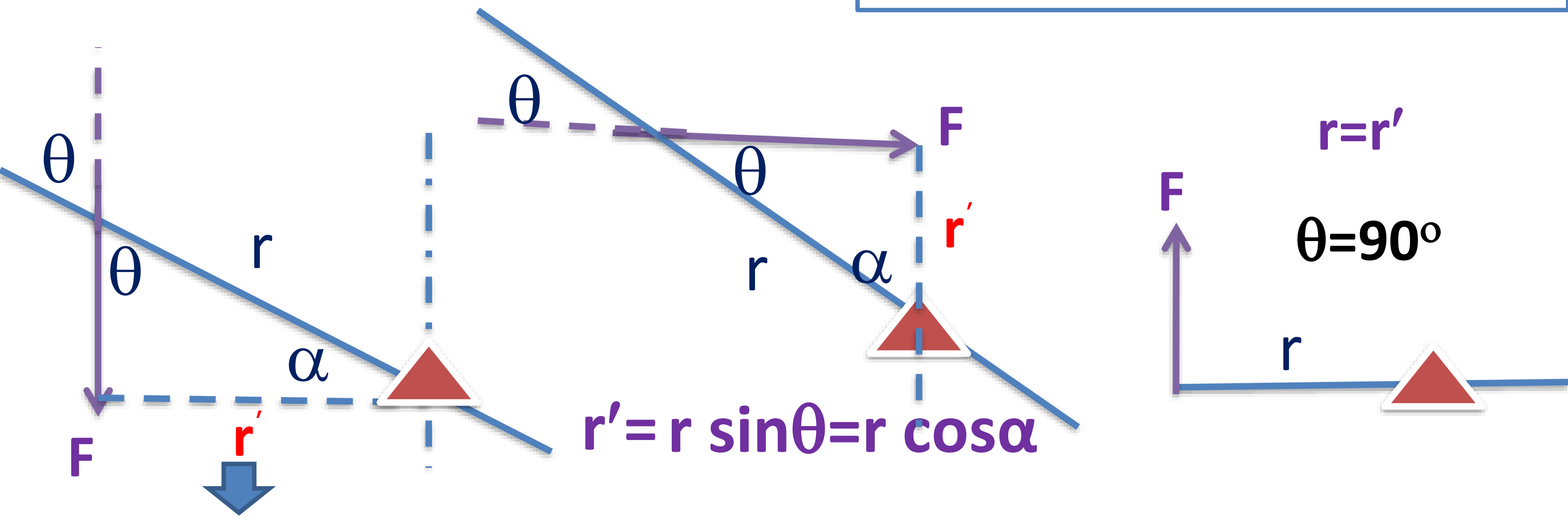
تحديد شدة عزم القوة

عزم القوة Γ

$\vec{\Gamma} = \vec{F} \times \vec{r}$ واحدة العزم : N.m

شدة شعاع عزم القوة تساوي حاصل الجداء الشعاعي لشعاعي القوة و الذراع

$$\Gamma = F.r.\sin\theta = F.\ r.\ \cos\alpha = F.r'$$



$$r' = r\ \sin\theta = r\ \cos\alpha$$

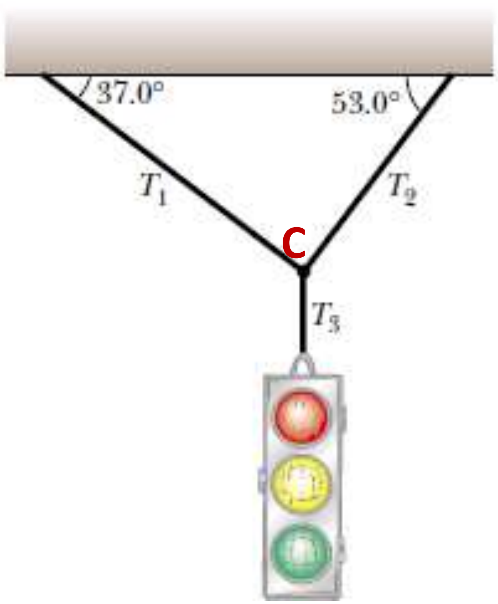
البعد العمودي: r′

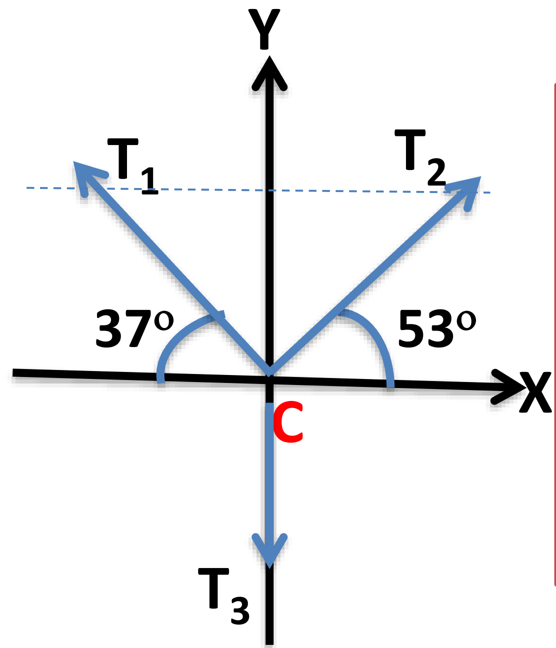
الذراع: r

محور الدوران

دراسة توازن إشارة المرور

تعلق إشارة مرور وزنها 125N بحبل مربوط بحبلين آخرين (يصنعان الزاويتين 37 ، 53مع الخط الأفقي) ،أوجد قوة الشد اللازمة في الحبال حتى لا تتقطع الحبال الثلاث؟





العقدة Cساكنة محصلة القوى وفق المحورين X وY =0

$(1) T_2\cos53 - T_1\cos37 = 0, \ \Sigma Fx = 0$

$T_2\sin53 + T_1\sin37 - T_3 = 0, \ \Sigma Fy = 0$

$(2) T_2\sin53 + T_1\sin37 - 125 = 0$

بالحل المشترك تنتج قيمة T_1 وT_2

من 1 نجد : $T_2 = 1.32T_1$

نعوض في 2 فنجد:

$T_1 = 75.71N$

$T_2 = 99.93N$

$T_3 = 125N$

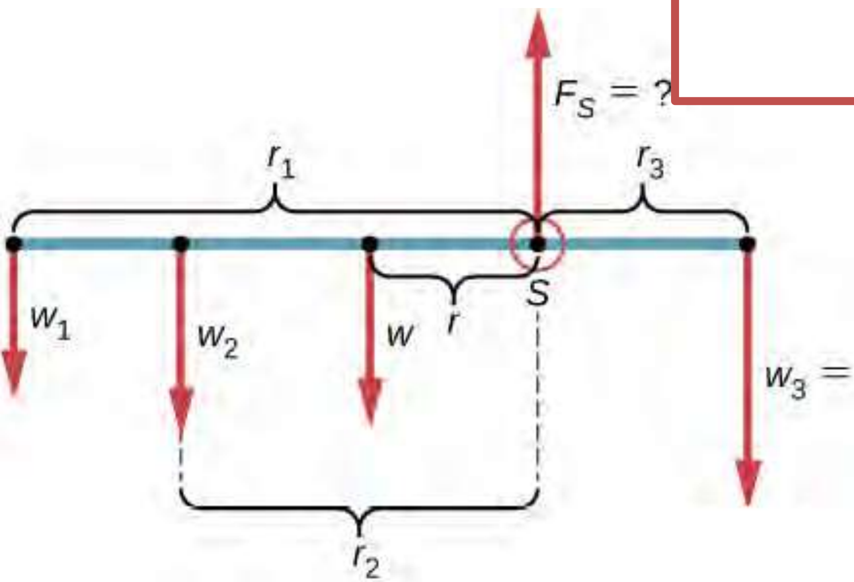
إشارة المرور ساكنة ⇐محصلة القوى المؤثرة= 0

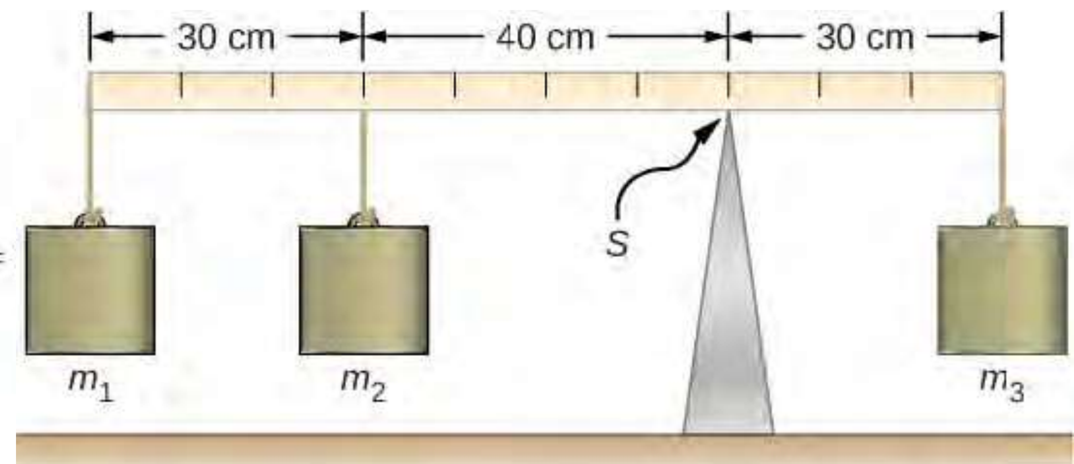
$\Sigma Fy = 0, \ T_3 - F_g = 0$

تعيين القوى في حالة توازن لوح أفقي

لوح منتظم m كتلته يستند إلى محور استناد عند النقطة S ، يعلق عليه كتل (m_1,m_2) إلى يسار نقطة الاستناد و كتلة m3 على يمين نقطة الاستناد ؟

عين القوى المؤثرة على هذا القضيب؟





حيث Fs رد فعل محور الاستناد Sعلى القضيب:

عين عزوم القوى المؤثرة على اللوح بافتراض محور الدوران عند النقطة S ؟

في حالة التوازن يكون:

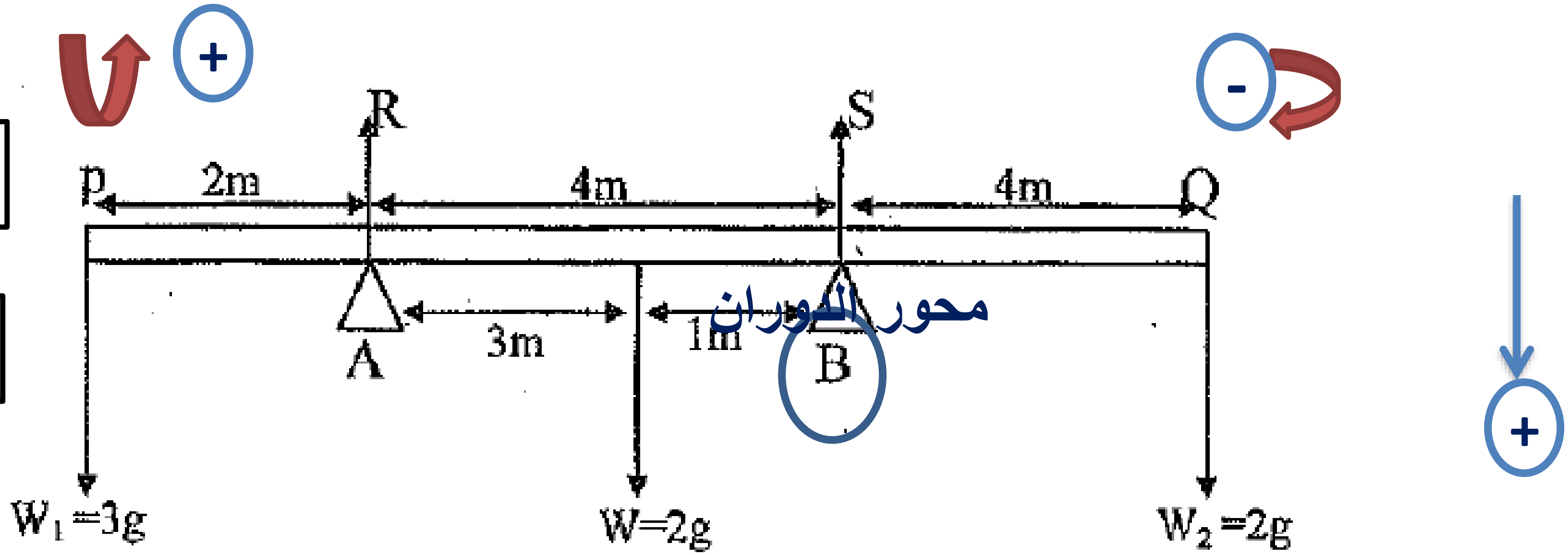
$\Sigma Fx=0 \qquad \Sigma\Gamma=0$

مثال موضح عن اسقاطات علاقات التوازن السكوني على المحاورص54

قضيب PQ طوله 10m وكتلته 2kg، موضوع أفقيا على نقطتي استناد A وB وفق الأبعاد الموضحة في الشكل ، احسب قوى رد الفعل عند النقطتين A، B ؟ (إسقاط علاقتي شرط التوازن على المحاور الإحداثية)

R=30N

S=40N



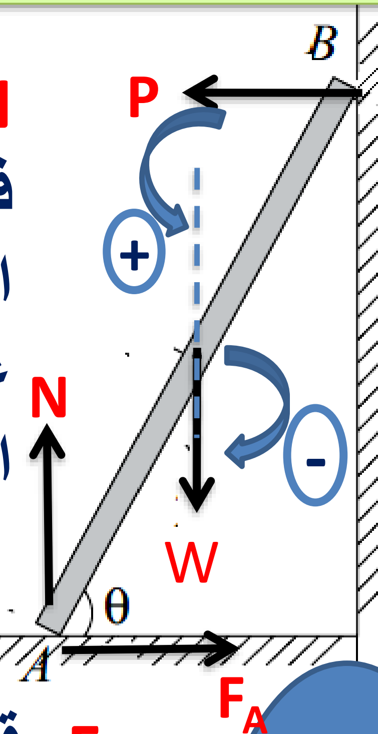
$$W+W1+W2-R-S=0 \qquad \Sigma F=0$$

$$-W_2.4+W.1-R.4+W_1.6=0 \qquad \Sigma \Gamma=0$$

دراسة توازن سلم مائل (وزنه W)مستند لجدار- حالة عدم وجود احتكاك بين السلم و الجدار

F_A و N تلاقي المحور فعزمها معدوم

N: رد فعل الأرض على السلم



F_A: قوة الاحتكاك بين السلم و الأرض

محور دوران عند النقطة A

قوة ثقل اللوح W

جهة الدوران للأسفل مع عقارب الساعة (العزم سالب)

الزاوية بين شعاعي الذراع و القوة $=\pi/2-\theta$

شدة عزم قوة الثقل

$\Gamma(W)= -W.L/2\sin(\pi/2-\theta)$

قوة رد فعل الجدار على اللوح P

جهة الدوران للأعلى عكس عقارب الساعة (العزم موجب)

الزاوية بين شعاعي الذراع و القوة $=\theta$

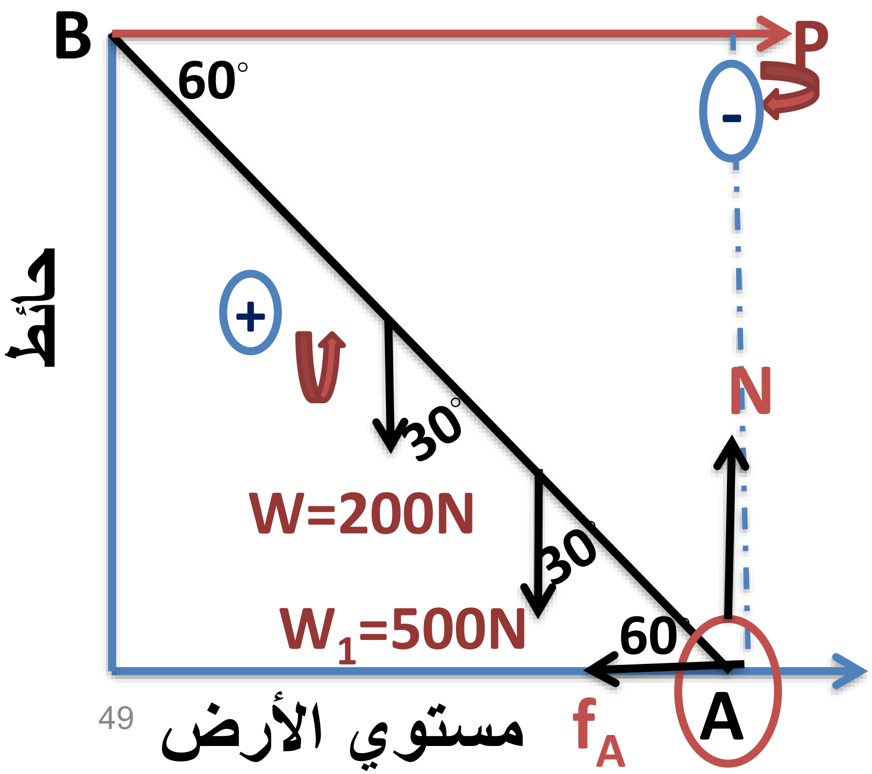
شدة عزم قوة رد الفعل:

$\Gamma(R)= +R.\,L\sin\theta$

مسالة في التوازن المائل

ليكن لدينا لوح خشبي طوله 10m ووزنه 200N وضع على جدار بحيث تكون الزاوية بينه و بين مستوي الأرض °60 يعلق ثقل مقداره 500N عند نقطة تبعد 1/4 طول من نهايته السفلى ، والمطلوب:

- قوة رد فعل الجدار على اللوح P



نطبق شرط العزوم $\Sigma\Gamma=0$

$$-P \times L \times Sin60 + W \times L/2 \times Sin30 + W1 \times L/4 \times Sin30 = 0$$

$$-P \times 10 \times Sin60 + 200 \times 5 \times Sin30 + 500 \times 2.5 \times Sin30 = 0$$

P=130N

دراسة توازن سلم مائل (وزنه W)مستند لجدار- حالة وجود احتكاك بين السلم و الجدار

F_A و N تلاقي المحور فعزمها معدوم

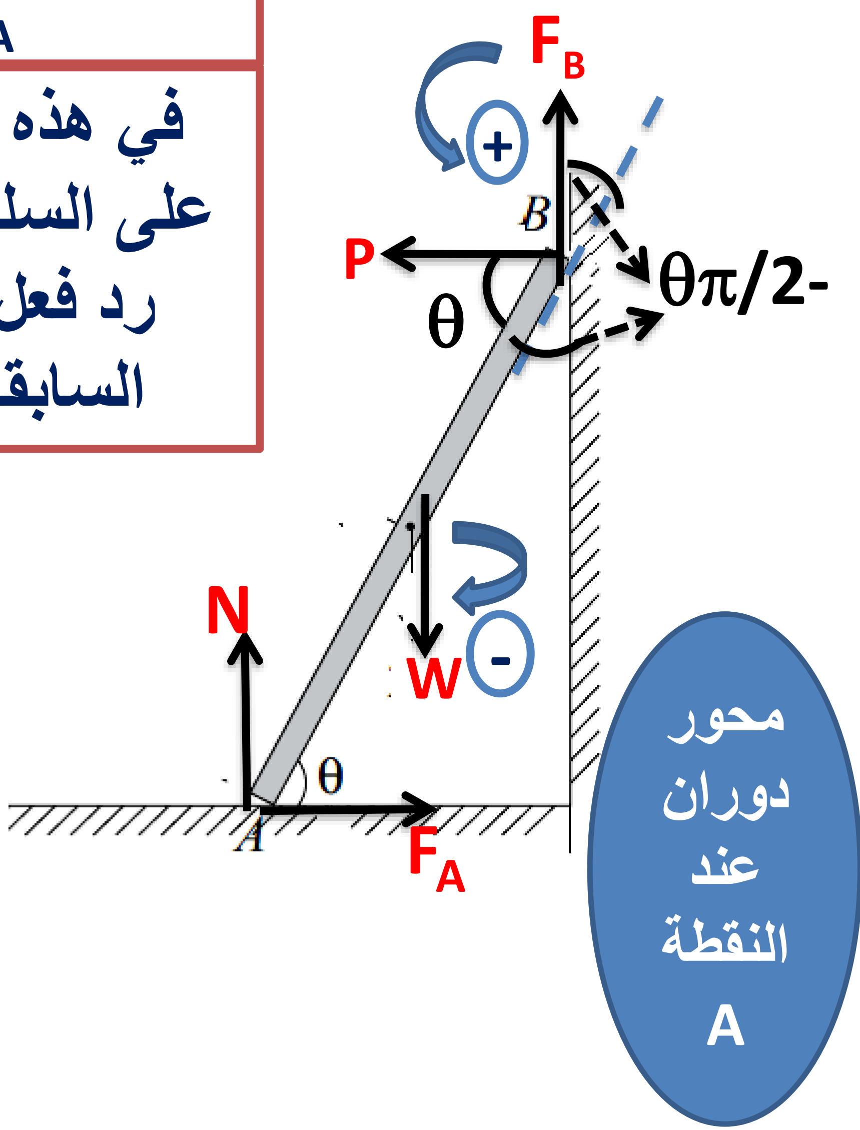
في هذه الحالة يضاف لقوة الثقل و رد فعل الجدار على السلم و قوى الاحتكاك (بين السلم و الأرض) و رد فعل الأرض على السلم المدروسة في الحالة السابقة ، قوة الاحتكاك بين الحائط و السلم F_B

جهة دوران قوة الاحتكاك FB للأعلى عكس عقارب الساعة (العزم موجب)

الزاوية بين شعاعي الذراع و القوة $=\pi/2-\theta$

شدة عزم قوة الاحتكاك F_B

$$\Gamma(F_B)= +F_B.L.Sin(\pi/2-\theta)$$



مسألة في التوازن المائل

يميل سلم طوله 5m و وزنه 300N عن الأفق بزاوية 30° ، بفرض ان معامل الاحتكاك بين السلم و الأرض و بين السلم و الحائط = 0.5 ، فأوجد جميع القوى الشاقولية و الأفقية المطبقة على السلم؟

نطبق شرطي التوازن

المحور موجه للأعلى

$\Sigma F_y=0 \quad , N+F_B-W=0$

$\Sigma F_x=0 \qquad P=F_A$

$\Sigma\Gamma=0$

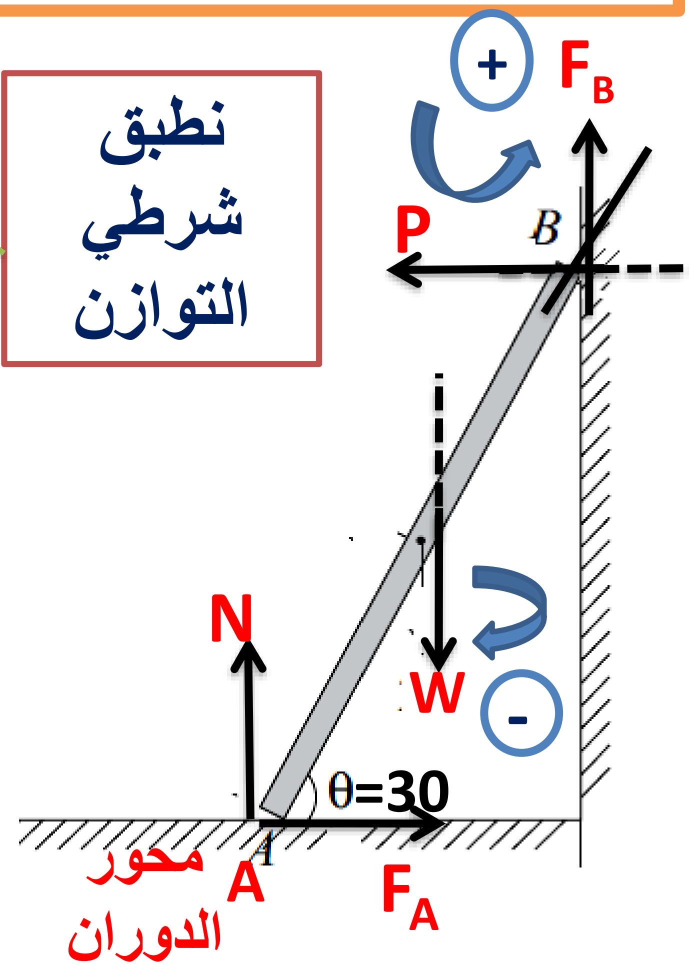
$-W \times 2.5 \times \sin 60 + p \times 5 \times \sin 30 + F_B \times 5 \times \sin 60 = 0$

تعطى F_A بالعلاقة : $F_A=\mu_A.N=0.5N$

تعطى F_B بالعلاقة : $F_B=\mu_B.P=0.5P$

نعوض: $-300 \times 2.5 \times \sqrt{3}/2 + p \times 5 \times 1/2 + 1/2 P \times 5 \times \sqrt{3}/2 = 0$

$P=138.41N$

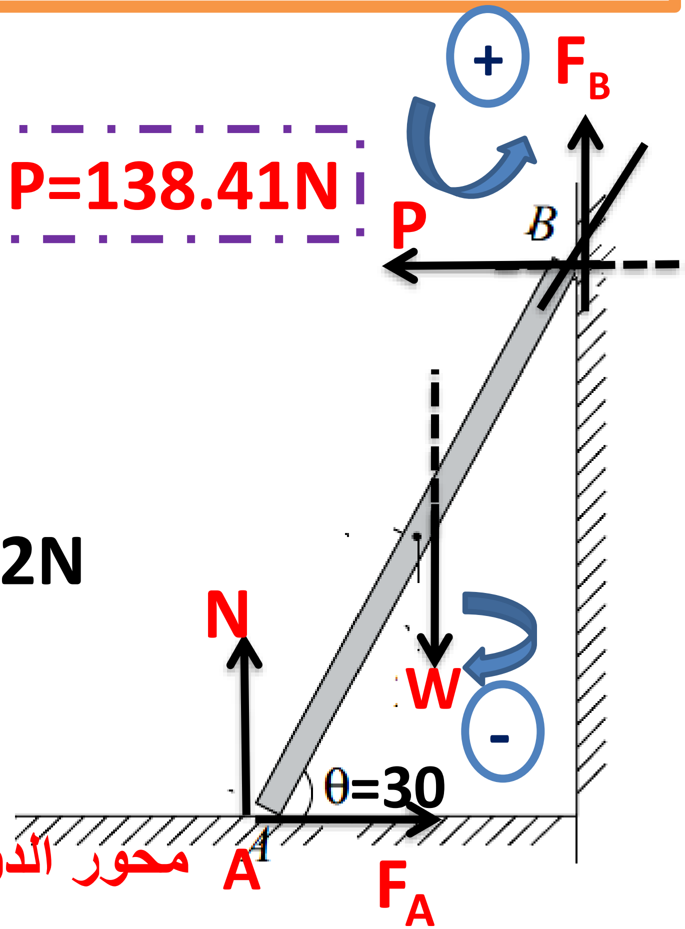


مسألة في التوازن المائل

يميل سلم طوله 5m و وزنه 300N عن الأفق بزاوية °30 ، بفرض ان معامل الاحتكاك بين السلم و الأرض و بين السلم و الحائط = 0.5 ، فأوجد جميع القوى الشاقولية و الأفقية المطبقة على السلم؟

نعوض في علاقات التوازن و علاقات ردود الفعل للحصول على باقي القوى المؤثرة على السلم

$\boxed{P=138.41N}$



$F_A = P = 138.41N$

$F_A = \mu_A.N = 0.5N \Rightarrow N = 2F_A = 276.82N$

$F_B = \mu_B.P = 0.5P \Rightarrow F_B = 69.205N$

محور الدوران

مركزكتلة الجسم- center of mass

تعريف مركز كتلة الجسم بأنه النقطة من الجسم التى تتوضع فيها أو تتركز فيها كتلة الجسم ، و يمكن إيجاد إحداثيات مركز الكتلة لعدة جسيمات صغيرة مكونة للجسم المدروس وفق العلاقات التالية :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(m_i x_i)}{\sum_{i=1}^{i=n}(m_i)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(m_i x_i)}{M}$$

إحداثيات الكتل العنصرية المكونة للجسم xi, yi

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(m_i y_i)}{\sum_{i=1}^{i=n}(m_i)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(m_i y_i)}{M}$$

إحداثيات مركز الكتلة $\bar{X}$ $\bar{Y}$

مركزكتلة الجسم- center of mass

إذا كانت الجسيمات العنصرية المكونة للجسم صغيرة جدا
و عددها ⟵ ∞

يتحول المجموع في علاقة إحداثيات مركز الكتلة إلى تكامل وفقا للعلاقات التالية :

حيث dm :كتلة الحجم العنصري المتناهي في الصغر dV

dm= ρ dV

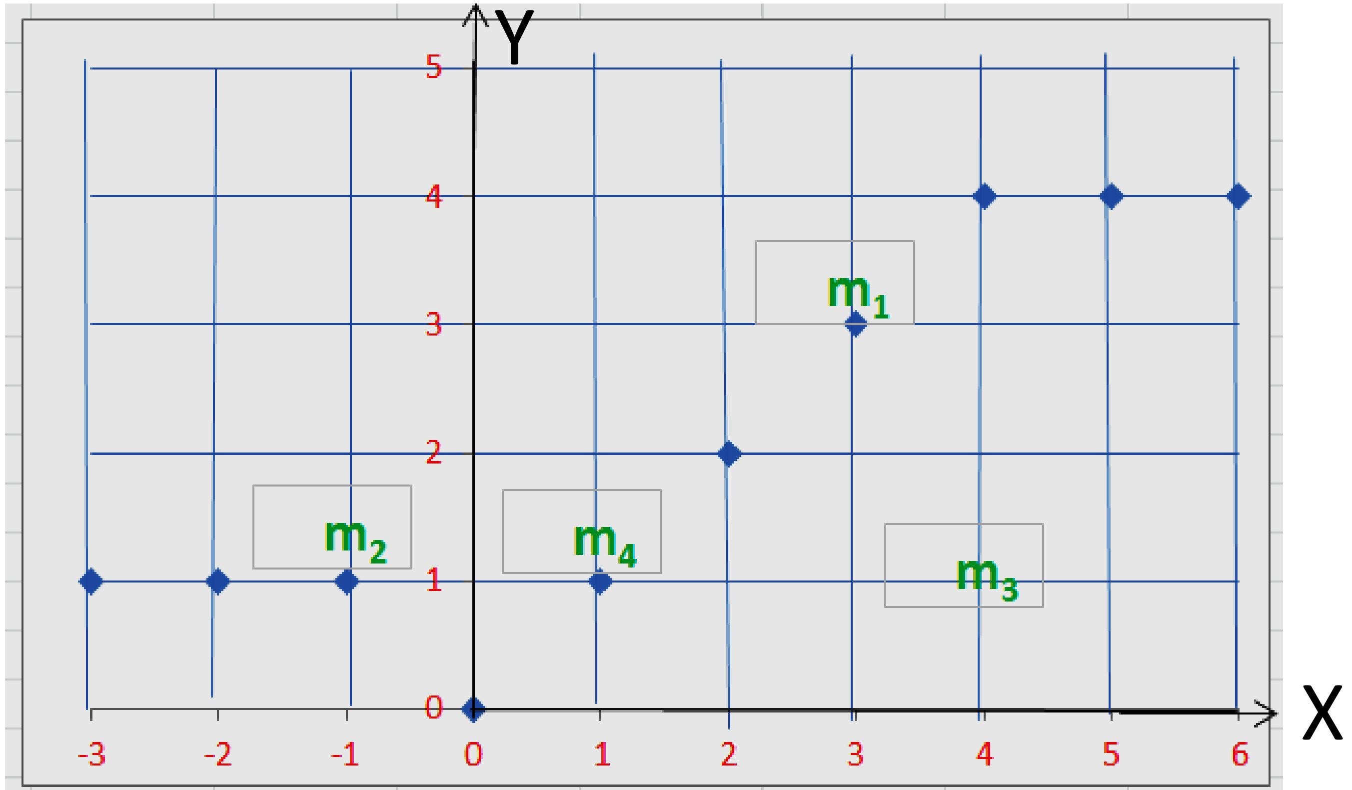
$$M=\int \rho . dV$$

$$\overline{X} = \frac{1}{M}\int x\,dm = \frac{1}{\rho . V}\int \rho . x . dV = \frac{1}{V}\int x . dV$$

$$\overline{Y} = \frac{1}{M}\int y\,dm = \frac{1}{\rho . V}\int \rho . y . dV = \frac{1}{V}\int y . dV$$

مثال : اوجد إحداثيات مركز كتلة جسم C(x,y) مكون من الكتل (m1,m2,m3,m4) بفرض:

$m_4=1kg$ ،$m_3=3kg$ ، $m_2=1kg$, $m_1=2kg$



$$\bar{X}=\frac{2(3)+1(-1)+3(4)+1(1)}{2+1+3+1}$$

$$\bar{Y}=\frac{2(3)+1(1)+3(1)+1(1)}{2+1+3+1}$$

$$\bar{X}=\frac{18}{7}$$

$$\bar{Y}=\frac{11}{7}$$