

DINÂMICA FORÇAS

"Força = aceleração e/ou deformação"

FORÇA agente capaz de:

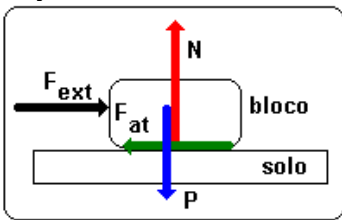
- a) causar aceleração (variação do vetor velocidade)
- b) causar deformação (mudança na forma do corpo).

A força é uma grandeza física vetorial.

FORÇA RESULTANTE - Quando varias forças atuam simultaneamente numa partícula, elas podem ser substituídas por uma única força, que sozinha terá o mesmo efeito que todas as outras juntas, tal força é chamada de resultante. $F_R = \Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$

AS UNIDADES DE FORÇA são: no S.I. Newton (N),

Outras unidades: quilograma-força (kgf), dyna (Dn) e etc.



FORÇA GRAVITACIONAL (PESO)

- A força com que a terra atrai os corpos para o seu centro de gravidade.

Características da força peso.

Módulo: $P = m \cdot g$

P = peso (newtons(N))

m = massa (quilograma(kg))

g = aceleração da gravidade no local, a menos que se informe o contrário será considerada $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Direção: vertical, passando pelo objeto e pelo centro de gravidade da terra.

Sentido: descendente, apontando para o centro de gravidade da terra.

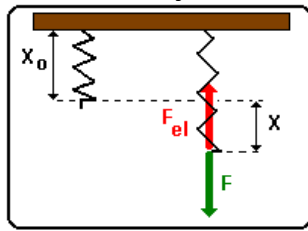
Obs. O prumo é um instrumento que nos informa a direção e o sentido da força peso.

FORÇA ELÁSTICA - É a força que surge devido a deformação elástica dos corpos

LEI DE HOOKE - dentro do limite elástico da substância que é feita a mola, a intensidade da força aplicada é proporcional a deformação sofrida pela mesma.

$$F = - k \cdot X$$

k = constante elástica da mola
X = deformação sofrida pela mola



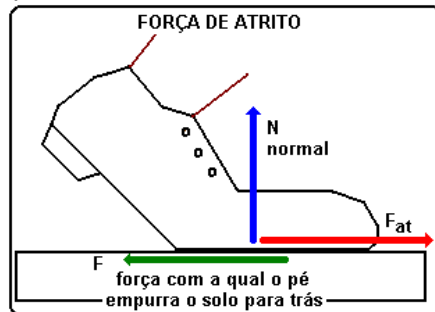
Obs. A) A lei de Hooke não é válida para grandes deformações ou tensões.

B) A constante elástica da mola (K) é uma medida da rigidez da mola.

FORÇA NORMAL- Força que atua entre duas superfícies de contato. É a força que a superfície exerce num objeto qualquer, que se encontre apoiado sobre a mesma. A força é perpendicular a superfície de contato.

FORÇA DE ATRITO- As forças de atrito surgem por dois motivos:

- 1 - Irregularidade das superfícies em contato
- 2 - Atração eletromagnética entre as moléculas mais próximas das duas superfícies em contato.



FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO - É a força que atua quando há tendência de movimento entre as superfícies, mas não há movimento relativo entre as superfícies, isto é, elas estão em repouso uma em relação a outra.

$$F_{AT(EST)} = \mu_e \cdot N$$

Obs: A força de atrito estático varia desde zero até o valor máximo. Ela só terá seu valor máximo se a soma das forças que tendem a deslocar o objeto, sobre uma dada superfície, for maior ou igual a este valor máximo.

FORÇA DE ATRITO DINÂMICO - É a força que atua quando existe movimento relativo entre as duas superfícies em contato.

CARACTERÍSTICAS DAS FORÇAS DE ATRITO

SENTIDO - sempre oposto ao deslocamento, ou a tendência ao deslocamento.

MÓDULO - as forças de atrito são proporcionais a força normal (N).

$$F_{AT(DIN)} = \mu_d \cdot N$$

DIREÇÃO - tangente às superfícies em contato.

FORÇA DE TRAÇÃO - Chamamos de força de tração as forças que são exercidas por cordas ou hastes.

LEIS DA MECÂNICA (NEWTON)

As leis da mecânica serão formuladas considerando-se que os sistemas de referência são inerciais, isto é, sem aceleração. Nos sistemas de referência acelerados, elas ainda são válidas, mas os efeitos que surgem da aceleração do sistema de referência devem ser levados em conta. Uma forma de resolver este problema é através da introdução das chamadas "forças inerciais" ou "fictícias".

LEI DA INÉRCIA

"Pode haver movimento sem existir força!"

1ª LEI DA MECÂNICA (LEI DA INÉRCIA).

"SE A RESULTANTE DE TODAS AS FORÇAS QUE ATUAM EM UMA PARTÍCULA É ZERO, ELA ESTÁ EM REPOUSO OU EM MOVIMENTO RETILÍNEO E UNIFORME (MRU)".

$$F_R = 0$$

$\Rightarrow v = 0$, repouso (equilíbrio estático)

$\Rightarrow v = \text{constante}$, MRU (equilíbrio dinâmico)

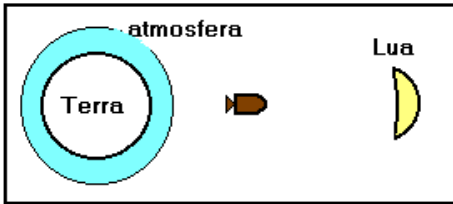
A primeira lei nos diz, essencialmente, que as forças são responsáveis pelas acelerações adquiridas por uma partícula, e não pela velocidade da partícula.

INÉRCIA é a tendência que os corpos têm de manter a sua velocidade vetorial constante.

MASSA de um corpo é a medida numérica da inércia de um corpo.

REFERENCIAIS INERCIAIS - são referenciais nos quais é válida a lei da inércia (sistemas de referência desprovidos de aceleração), isto é, sistemas em M.R.U ou repouso.

FORÇA - agente capaz de mudar o vetor velocidade de um corpo e/ou causar uma deformação no mesmo. **APLICAÇÃO** - A medida que o foguete se afasta da superfície da terra, o atrito com o ar e a atração gravitacional diminuem rapidamente a ponto de podermos desprezar a ação de forças externas sobre o foguete. Com a força resultante praticamente igual a zero, o foguete, por inércia, tende a manter sua velocidade num movimento retilíneo e uniforme (MRU).



PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

"A existência de uma implica na existência da outra: força resultante e aceleração".

2ª LEI DE MECÂNICA (PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA).

"A ACELERAÇÃO ADQUIRIDA POR UMA PARTÍCULA NUM REFERENCIAL INERCIAL, É DIRETAMENTE PROPORCIONAL À FORÇA RESULTANTE QUE ATUA NA MESMA, E INVERSAMENTE PROPORCIONAL À MASSA DA PARTÍCULA. A DIREÇÃO E O SENTIDO DA ACELERAÇÃO COINCIDEM COM AS RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS DA FORÇA RESULTANTE".

$$a = F_R / m$$

$$F_R = m \cdot a$$

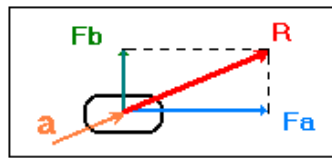
Obs:

- 1 - No enunciado acima da 2ª lei de Newton estamos considerando que a massa da partícula não está variando com o tempo. (massa constante)
- 2 - É importante chamar atenção para o fato que a 2ª lei como foi enunciada acima só é válida num sistema de referência inercial.
- 3- A unidade de força no S.I. é o Newton (N)

Demonstração: $F = m \cdot a$

$U(F) = U(m) \cdot U(a)$ e $U(F) = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s} = \text{Newton}$.

4- A primeira lei pode ser vista como um caso particular da segunda onde a força resultante é zero e a aceleração por conseguinte também.



LEI DA AÇÃO E REAÇÃO
"Você não pode tocar sem ser tocado"

3ª LEI DE MECÂNICA. (LEI DA AÇÃO E REAÇÃO)

"EM CADA INTERAÇÃO, EXISTEM SEMPRE DUAS FORÇAS, UMA SOBRE CADA CORPO QUE ESTÁ INTERAGINDO, ESTAS DUAS FORÇAS SÃO IGUAIS EM MÓDULO E DIREÇÃO, PORÉM DE SENTIDOS CONTRÁRIOS".

$$F_{BA} = - F_{AB}$$

F_{BA} = Força que "B" faz em "A"
 F_{AB} = Força que "A" faz em "B".

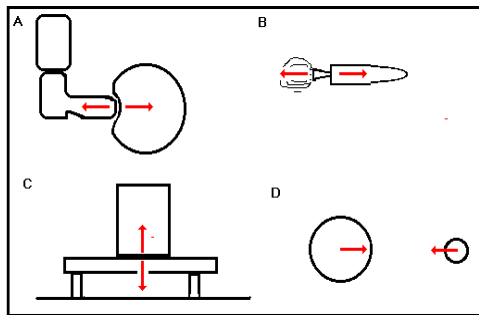
O par de forças ação e reação sempre atua em corpos diferentes. Portanto este par de forças nunca pode se cancelar, isto é, a força de ação nunca é cancelada pela sua correspondente reação.

O par de forças de ação e reação tem mesma reta suporte.

A terceira lei de Newton, também só é válida num referencial inercial.

Num par de forças de ação e reação, qualquer uma delas poderá ser considerada ação ou reação.

EXEMPLOS



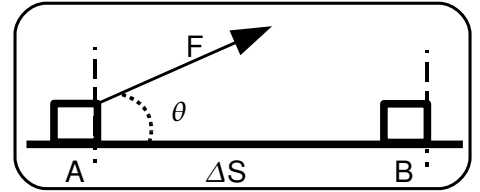
TRABALHO

"Um processo através do qual a energia pode ser transformada de uma forma para outra ou transferida de um objeto para outro, devido a ação de uma força".

TRABALHO DE UMA FORÇA CONSTANTE NUM DESLOCAMENTO RETILÍNEO.

DEF: O trabalho feito por uma força constante durante um deslocamento retilíneo ΔS é igual ao produto de três quantidades: 1) a magnitude da força, 2) a magnitude do deslocamento do objeto, e 3) o cosseno do ângulo entre eles.

$$\text{Trabalho} = \tau = F \Delta S \cos \theta$$



UNIDADE DE TRABALHO: no S.I. é o Joule (J).

TRABALHO RESULTANTE: é a soma dos trabalhos de cada uma das forças que atuam no sistema.

$$\tau_r = \sum \tau_n = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \dots + \tau_n$$

COMENTÁRIOS

- O deslocamento que aparece na fórmula do trabalho, é o que a partícula que está sujeita a força realiza.
- O trabalho é um processo, ele não é uma propriedade dos objetos, isto é, ele não fica acumulado nos objetos.
- O trabalho negativo tende a parar o movimento mecânico (macroscópico).

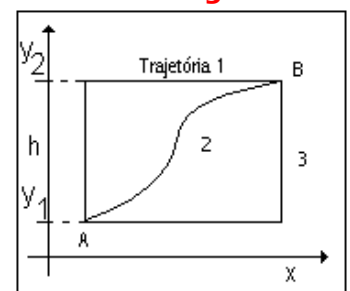
FORÇA CONSERVATIVA (CAMPO).

Se o trabalho de uma força **não depende da trajetória**, dizemos que este campo de forças é conservativo. Ex: campo gravitacional, eletrostático etc.

TRABALHO DA FORÇA GRAVITACIONAL.

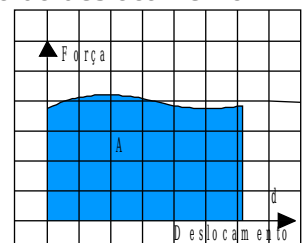
O TRABALHO DA FORÇA GRAVITACIONAL **NÃO** DEPENDE DA TRAJETÓRIA, ELE SÓ DEPENDE DA VARIAÇÃO DA ALTURA.

$$\tau = m g h$$



TRABALHO DE UMA FORÇA VARIÁVEL:

uma das maneiras possíveis de calcular é através do gráfico da Força x deslocamento. Onde F_T é a componente da força na direção do deslocamento.



CÁLCULO GRÁFICO DO

TRABALHO- Num gráfico $F_T \times \Delta S$ a área compreendida entre o eixo do x (posição) e a curva de F_T é numericamente igual ao trabalho da força F_T .

área N°= trabalho

TRABALHO DA FORÇA ELÁSTICA.

Trabalho que uma força tem que realizar para comprimir uma mola de constante elástica k, quando a mesma é comprimida ou distendida de um valor X é dado por:

$$\tau = k x^2 / 2$$

K= constante elástica da mola
X= alongação da mola ou deslocamento da mola em relação a sua posição de equilíbrio

POTÊNCIA.

"Rapidez com que se realiza trabalho".

POTÊNCIA (P): de uma máquina ou um outro dispositivo qualquer é uma medida numérica da realização de trabalho na unidade de tempo, isto é, rapidez com que a ela realiza trabalho. Desta forma quanto maior a potência de um dispositivo mais rápido ele transforma ou transfere energia.

Matematicamente temos:

$$P = \tau / \Delta t \quad \text{ou} \quad P = F V \cos \theta$$

Unidade de potência no S.I. = Watt (W)

Outras unidades: 1 HP (horse power) = 746 W 1 CV (chavel vapor) = 735 W

Obs. Dizemos que a **potência desenvolvida** quando o trabalho é positivo (trabalho motor) e **absorvida** quando o trabalho é negativo (trabalho resistente).

RENDIMENTO.

"Um balanço entre o que você pagou e o que recebeu".

RENDIMENTO (η)- ... uma medida do aproveitamento real de um sistema. Um motor que ao funcionar apresenta elevado aquecimento, altos níveis de vibrações (trepidações, saculejos e etc) e ruídos (rangidos, chiados e etc) além de altos atritos entre suas partes móveis. Tenderá a produzir pouco trabalho relativamente a energia consumida, isto é, será uma máquina pouco eficiente. As máquinas pouco eficientes tem elevado custo operacional, o que acaba reduzindo a competitividade de quem as utiliza.

Matematicamente temos:

$$\eta = P_{\text{ÚTIL}} / P_{\text{TOTAL}}$$

Potência útil- é a potência que a máquina realmente utiliza para realização da tarefa desejada.

Potência total- é a potência que a máquina consome para funcionar. A potência total é igual a soma da potência útil com a potência dissipada(desperdiçada).

ENERGIA

"Energia é a capacidade de realizar trabalho ou o que resulta do mesmo"

ENERGIA CINÉTICA: está associada ao movimento dos corpos.

Todo objeto que tem massa e velocidade possui energia cinética. A E_c de um objeto de massa "m" e velocidade "V" é dada por:

$$E_c = m V^2 / 2$$

TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA (TEC) -

A soma dos trabalhos realizados por todas as forças que atuam sobre uma partícula, entre dois pontos quaisquer, é igual a variação da energia cinética da partícula o corria neste intervalo.

$$\Sigma \tau = \Delta E_c$$

ENERGIA POTENCIAL: está associada a configuração. Energia armazenada.

Energia potencial gravitacional

de um objeto de massa (m) imerso num campo gravitacional constante (g), situado a uma altura (h) em relação ao nível de referência adotado é dada por:

$$E_g = m g h$$

A energia potencial gravitacional é a energia associada com o estado de separação entre corpos que se atraem através da força gravitacional.

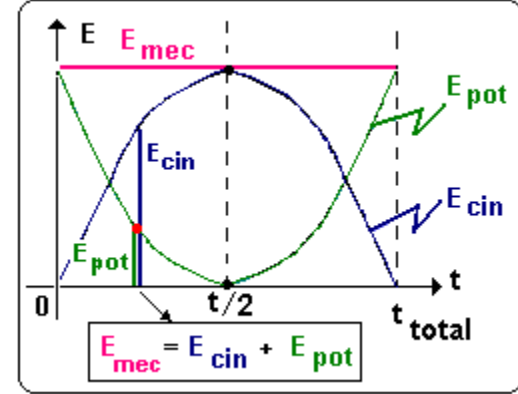
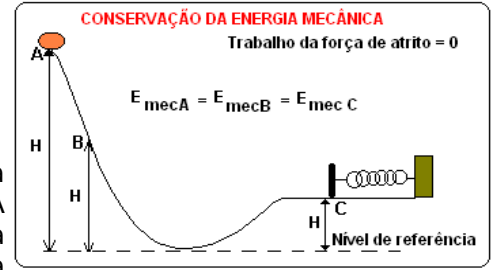
Energia potencial elástica de uma mola de constante elástica (k), submetida a uma alongação (X), é dada por:

$$E_e = k X^2 / 2$$

A energia potencial elástica é a energia associada com o estado de compressão ou distensão de um objeto elástico.

ENERGIA MECÂNICA - Denomina-se energia mecânica de um objeto a soma de sua energia cinética mais a potencial.

$$E_m = E_c + E_p$$



CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica de um objeto sujeito a ação de forças conservativas é constante, isto é, não varia.

$$E_{m A} = E_{m B} \quad \text{se} \quad \tau_{F. \text{dissipativas}} = 0$$

FORÇAS CONSERVATIVAS => NÃO HÁ PERDA DE ENERGIA MECÂNICA.
FORÇAS DISSIPATIVAS => HÁ PERDA DA ENERGIA MECÂNICA (NÃO É CONSERVADA)

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA (CASO GERAL)

A conservação da energia também pode ser aplicada a sistemas mecânicos que não são conservativos, através da inclusão do trabalho realizado por forças não conservativas, W_{nc} que é igual a variação da energia dos sistema,

$$E_{ci} + E_{pi} + W_{nc} = E_{cf} + E_{pf} \quad \text{ou}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = \text{trabalho externo sobre o objeto}$$

PRINCÍPIO GERAL DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

" A ENERGIA PODE SER TRANSFORMADA DE UMA MODALIDADE EM OUTRA, NÃO PODENDO SER CRIADA NEM DESTRUÍDA; A QUANTIDADE TOTAL DE ENERGIA É MANTIDA CONSTANTE".

SIMETRIA E O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA.

Se as leis da natureza são as mesmas em qualquer tempo, passado, presente ou futuro, então a energia deve ser conservada.

QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO

ESTUDO DAS COLISÕES E EXPLOSÕES

QUANTIDADE DE MOVIMENTO (MOMENTO LINEAR)

QUANTIDADE DE MOVIMENTO (MOMENTO LINEAR) (Q) - def - é o produto da massa da partícula pela sua velocidade.

$$Q = m \cdot v$$

direção: a mesma da velocidade
sentido: o mesmo da velocidade
intensidade: $Q = m \cdot v$

Unidade de quantidade de movimento no S.I. = $kg \cdot m / s$

A quantidade de movimento de um sistema de partículas é igual a soma vetorial das quantidades de movimento de cada uma das partículas. $Q = \sum m_i \cdot v_i$

FORÇAS SOBRE SISTEMAS DE PARTÍCULAS

Forças internas: forças trocadas entre os corpos do próprio sistema.

Forças externas: forças trocadas entre os corpos não pertencentes ao sistema.

$$F_{resultante} (F_r) = \sum F_{interna} + \sum F_{externa} + \sum F_{ficticias}$$

Sistema isolado; é um sistema em que a soma das forças externas é nula.

$$\sum F_{ext} = 0$$

Exemplos de sistemas que podem ser considerados mecanicamente isolados.

a) Quando nenhuma força externa age sobre o sistema. Por exemplo, uma nave espacial no espaço cósmico longe de qualquer corpo celeste.

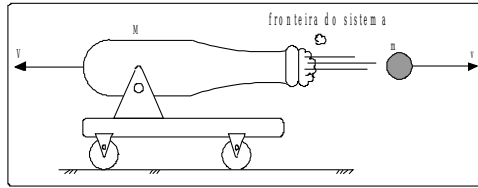
b) Quando as forças externas são desprezíveis em relação as externas. Exemplos: choques, explosões, disparo de armas etc.

c) Quando as forças externas agentes no sistema se neutralizam.

TEOREMA DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Quando a soma vetorial de todas as forças que atuam em um sistema é zero (sistema isolado), o momento total do sistema permanece inalterado, isto é, constante.

$$(Q_{sist})_a = (Q_{sist})_b$$



IMPULSO

IMPULSO TOTAL QUE UM OBJETO (massa constante) RECEBE DETERMINA A SUA VARIAÇÃO DE VELOCIDADE.

IMPULSO (I) - def - é o produto da força média pelo tempo de atuação da força.

$$I = F_m \Delta t$$

direção: a mesma de F
sentido: o mesmo de F
intensidade: $I = F \cdot \Delta t$, a força é constante em relação ao tempo.

A unidade de Impulso:
 $U(I) = \text{Newton} \cdot \text{segundo} = \text{N} \cdot \text{s}$

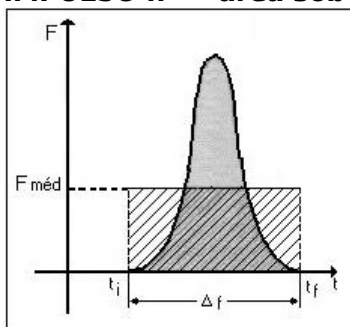
APROXIMAÇÃO DO IMPULSO - é válida se:

1- F_m é muito maior que qualquer outra força Δt é muito pequeno, de modo a não haver praticamente movimento durante a colisão.

GRÁFICO F x T : CÁLCULO DO IMPULSO.

Num gráfico do tipo força versus tempo a área sob a curva é numericamente igual ao impulso da força no intervalo de tempo considerado.

IMPULSO n° = área sob a curva



TEOREMA DO IMPULSO

IMPULSO TOTAL QUE UM OBJETO RECEBE DETERMINA A SUA VARIAÇÃO DE QUANTIDADE DE MOVIMENTO.

$$I = \Delta Q$$

ou

$$F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$$

SIMETRIA E O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Se as leis da natureza são iguais em todos os lugares do Universo, então a quantidade de movimento deve ser conservada.

COLISÕES OU CHOQUES MECÂNICOS

ASPECTO DAS FORÇAS

Durante as colisões os objetos envolvidos trocam forças internas muito intensas num intervalo de tempo relativamente curto (**forças impulsivas**). Tais forças variam de modo complexo e causam deformações e alterações nas velocidades dos objetos. Diante de forças internas tão elevadas, podemos, em geral, desprezar as forças externas e considerar o sistema (formado pelos objetos em colisão) mecanicamente isolados durante a colisão.

Assim, durante uma colisão, podemos, aplicar o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento para sistemas mecanicamente isolados.

$$(Q)_{sist \text{ ant}} = (Q)_{sist \text{ depois}}$$

CARACTERÍSTICAS DOS CHOQUES

Normal de choque. A reta normal comum às superfícies em contato durante o choque é chamada normal de choque.

Choque central. Se os centros de massa dos dois corpos que colidem estão localizados na reta normal de choque, o choque é dito central.

Choque direto. Se as velocidades dos dois pontos materiais são dirigidas ao longo da normal de choque, este é chamado de choque direto.

ASPECTO ENERGÉTICO

Quando dois objetos colidem, observa-se sempre uma fase de deformação, podendo ou não ocorrer uma segunda fase, a de restituição.

COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO

Verifica-se experimentalmente (Newton) que, para um determinado material que constitui os corpos, é constante a relação entre V_{af} e V_{ap} , essa relação constante é denominada coeficiente de restituição

$e =$ velocidade relativa de afastamento / velocidade relativa de aproximação

$$e = V_{af} / V_{ap} = (V_2' - V_1') / (V_1 - V_2)$$

ou $e = - (V_2' - V_1') / (V_2 - V_1)$

$V_1 =$ velocidade da partícula 1 imediatamente antes da colisão, no sistema de referência adotado.

$V_2 =$ velocidade da partícula 2 imediatamente antes da colisão, no sistema de referência adotado.

$V_1' =$ velocidade da partícula 1 imediatamente após a colisão, no referencial adotado.

$V_2' =$ velocidade da partícula 2 imediatamente após a colisão, no referencial adotado.

Obs 1. As velocidades na equação acima devem ser utilizadas com seu valor algébrico, isto é, com seu respectivo sinal.

Obs 2. Uma bola de bilhar se deforma muito pouco quando ela colide, e rapidamente ela retorna à sua forma original. Portanto a força de interação entre duas bolas de bilhar é quase perfeitamente conservativa, e a colisão é perfeitamente elástica.

COLISÃO Central e frontal	QUANT. DE MOVIMENTO	ENERGIA CINÉTICA	COEF. DE REST.
Frontal e elástica	$Q_a = Q_d$	$E_{c_a} = E_{c_d}$	$e = 1$
Frontal e parcialmente elástica	$Q_a = Q_d$	$E_{c_a} > E_{c_d}$ dissipação parcial de energia cinética	$0 < e < 1$
Inelástica	$Q_a = Q_d$	$E_{c_a} > E_{c_d}$ dissipação máxima de energia cinética	$e = 0$

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL
"MATÉRIA ATRAI MATÉRIA"
"GRAVITAÇÃO, DISTORÇÃO DO ESPAÇO-TEMPO"

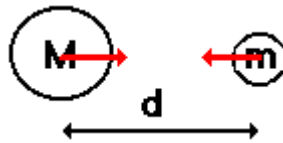
GRAVITAÇÃO UNIVERSAL - Parte da Física (dinâmica) que estuda a interação entre massas gravitacionais.

LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL - dadas duas massas M e m separadas por uma distância d ocorrerá, sempre entre elas, atração gravitacional, cuja intensidade é dada pela fórmula:

$$F = G M m / d^2$$

$G =$ constante universal da gravidade

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$



Força central - a força gravitacional é uma força central, isto é, a direção em que a força atua é sempre da reta que une as duas massas.

PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO - A força gravitacional gerada por distintas massas simplesmente se superpõem, sem que haja interferência entre elas. A força F_1 sobre a partícula 1 é a soma vetorial de todas as forças que as demais partículas exercem sobre a partícula separadamente, ou seja,

$$F_{R1} = F_{21} + F_{31} + \dots + F_{n1}$$

CAMPO GRAVITACIONAL - Todos os corpos têm um campo gravitacional ao redor deles, que pode ser representado por uma coleção de vetores que representa a aceleração da gravidade em cada ponto.

LEIS DE KEPLER - As leis de Kepler permitem que se faça um estudo cinemático do movimento de corpos que gravitam em torno de um corpo central.

1ª - LEI DAS ÓRBITAS - Os planetas descrevem trajetórias elípticas, onde o Sol ocupa um dos focos da elipse.

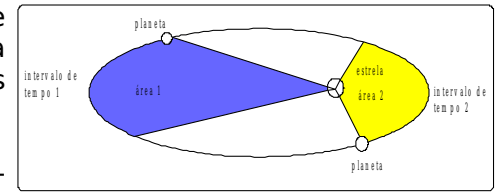
2ª - LEI DAS ÁREAS - As áreas varridas pelo raio vetor de um planeta são proporcionais ao tempo gasto para varrê-las.

$$A = k \cdot \Delta t$$

3ª - LEI DOS PERÍODOS - Os cubos dos raios médios dos planetas

em torno do Sol são proporcionais aos quadrados dos períodos de revoluções.

$$R^3 = k T^2$$



Corolários: Quanto mais afastado um planeta estiver do Sol (maior o raio médio R) maior será seu período de translação (maior será T).

APLICAÇÕES

Satélites em órbitas circulares

$$F = GMm / R^2$$

onde: $M =$ massa do planeta e $m =$ massa do satélite.

Aceleração da gravidade num planeta - Sendo m a massa de um corpo situado num ponto p a uma altura h da superfície de um planeta de raio R e massa M . A aceleração da gravidade neste ponto será dada por:

$$g(h) = GM / (R+h)^2$$

Velocidade de escape - ... a menor velocidade (v) com que se deve lançar um objeto da superfície de um planeta de massa M para que o mesmo "vença" a força gravitacional do planeta.

$$V = (2GM)^{1/2} / R$$

