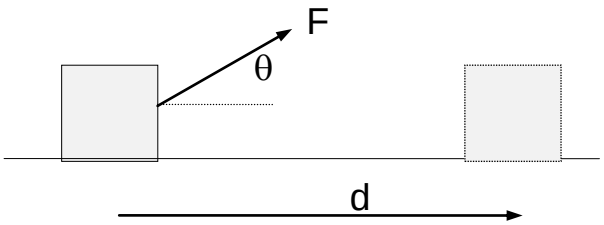
V. USAHA, TENAGA dan DAYA

1. USAHA

1.1. Usaha Oleh Gaya Konstan

Usaha yang dilakukan oleh sebuah gaya F yang konstan adalah perkalian antara komponen gaya dalam arah pergeseran dengan pergeserannya d.



$$W = F \cos \theta \; d$$

Usaha secara fisis merupakan skalar sehingga didalam menuliskan definisi di atas dalam notasi vektor :

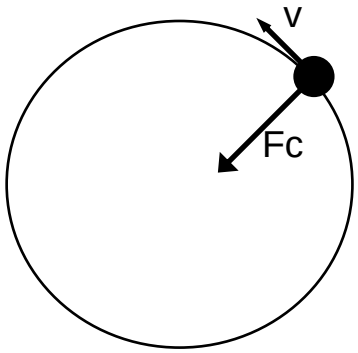
$$W = F \cdot d$$

Satuan dari usaha adalah N.m yang didalam sistem SI diberi nama Joule.

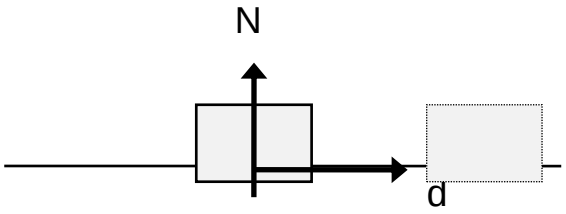
1 Joule = 10^7 erg
1 ft.lb = 1,356 joule (sistem Inggris)
1 kWh = 3,6 x 10^6 joule (elektrik)
1 eV = 1,60 x 10^{-19} Joule (fisika atom)

Tidak semua gaya yang bekerja pada suatu benda harus melakukan usaha.

- Gaya centripetal, arahnya selalu tegak lurus lintasannya, maka usaha oleh gaya centripetal selalu nol.



 Gaya normal, arahnya selalu tegak lurus bidang dimana benda bergeser, maka usaha oleh gaya normal selalu nol.



1.2. Usaha Oleh Gaya Yang Tidak Konstan

Ada kalanya gaya yang bekerja pada suatu benda tidak konstan, misalnya gaya oleh pegas (fungsi x).

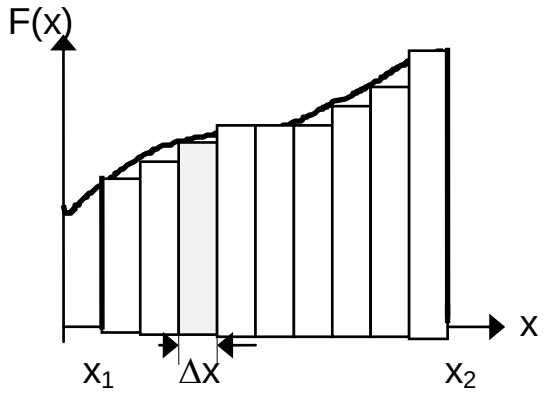
Misalkan gaya yang bekerja merupakan fungsi x, F(x).



Untuk medapatkan gaya yang mendekati konstan, maka dibuat pergeseran Δx yang cukup kecil. Pada pergeseran tersebut usaha yang dilakukan

$$\Delta W = F(x)\,\Delta x$$

Apabila dilihat pada gambar dibawah ini, ΔW merupakan luasan dari segi empat tersebut.



Usaha total yang dilakukan gaya se panjang pergeseran menjadi

$$W = \sum F(x)\,\Delta x$$

Merupakan luas total dibawah kurva F(x). Dan terlihat masih terdapat error pada penjumlahan tersebut. Untuk menghindari tersebut maka dibuat Δx sekecil mungkin mungkin, $\Delta x \longrightarrow 0$.

$$W = \lim_{\Delta x \to 0.} \sum F(x)\,\Delta x$$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)\ dx$$

Untuk kasus 2 dimensi atau 3 dimensi persamaan di atas dapat diubah menjadi :

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F \,.\, dr$$

2. TENAGA KINETIK.

Untuk kasus 1 dimensi dan gaya yang bekerja pada sebuah benda dengan massa m konstan maka usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut :

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F \,.\, dx$$

Dari hukum Newton F = m a = m dv/dt, maka

$$W = \int_{x_1}^{x_2} m\, dv/dt \; dx$$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} m\, dx/dt \; dv$$

$$W = \int_{v_1}^{v_2} m\, v\, dv$$

$$W = 1/2\, mv_2^2 - 1/2\, m\, v_1^2$$

bila $1/2\, mv^2$ didefinisikan sebagai ***energi kinetik***, K, maka

$$W = K_2 - K_1$$

$$W = \Delta K$$

Persamaan yang terakhir ini disebut ***teorema Usaha - Tenaga***.

3. DAYA.

Daya didefinisikan sebagai laju kerja yang dilakukan. Jika jumlah kerja ΔW dilakukan dalam waktu Δt, maka daya rata-rata :

$$P = \Delta W/\Delta t$$

Dengan pendekatan $\Delta t \longrightarrow 0$ diperoleh harga daya sesaat..

$$P = \lim_{\Delta t \to 0} \Delta W/\Delta t$$

$$P = dW/dt$$

Satuan daya adalah joule/dt yang dalam sistem SI disebut **watt**.
Daya dapat dinyatakan dalam gaya yang bekerja dan kecepatannya.

$$\Delta W = F \cdot \Delta r$$

$$P = \lim_{\Delta t \to 0} \Delta W/\Delta t$$

$$P = \lim_{\Delta t \to 0} F\, \Delta r/\Delta t$$

$$P = F\, dr/dt$$

$$P = F \cdot v$$