Chapter seven الفصل السابع

Conservation of energy حفظ الطاقة

الطاقة الكامنة للنظام Potential energy of a system: يطلق على ميكانية الطاقة المخزونه بالجسم قبل تحررها بالطاقة الكامنة potential energy . وكمية الطاقة الكامنة بالنظام تحدد او تقدر من خلال الترتيب او التشكيل للنظام .

الشغل يعبر عنه انتقال بالطاقة الى النظام وطاقة النظام تظهر باشكال متعددة، ويطلق عليها تسمية بالطاقة الكامنة . وعليه بالامكان تعريف او توصيف كمية الطاقة mgy ب **طاقة الجاذبية الكامنة gravitational potential energy** U_g .

$$U_g = mgy \ldots\ldots\ldots (1) \quad Gravitational\ potential\ energy$$ طاقة الجاذبية الكامنة

حيث y يمثل الارتفاع height عن سطح الارض . وحدة قياس طاقة الجاذبية الكامنة هي الجول Joule (J) ،كما هو عليه الحال للشغل والطاقة الحركية . الطاقة الكامنة كمية عددية Scaler quantity مثلها كمثل الشغل او الطاقة الحركية .

Conservation and Non-conservation Forces القوى المحافظة والقوى الغير محافظة

القوى المحافظة Conservation force: تمتلك القوى المحافظة الخاصيتين المتكافئتين التاليتين:

1- الشغل المنجز بواسطة قوة محافظة على جسم ما يتحرك مابين نقطتين لايعتمد (مستقل) على طبيعة المسار path الذي يسلكه الجسم .
2- الشغل المنجز بواسطة قوة محافظة على جسم ما يتحرك ضمن او خلال مسار مغلق close path يساوي صفر(المسار المغلق هو ذلك المسار الذي نقطتي البداية والنهاية متماثلة (نفسها)).

قوة الجاذبية تعد مثال على القوى المحافظة ، كذلك القوة المسلطة من نابض مثالي على جسم معلق بالنابض تعد مثال اخر على القوى المحافظة .

القوى الغير محافظة Non-conservative Forces : القوى التي لاتحقق الخاصيتين السابقتين 1 و2 للقوى المحافظة يطلق عليها بالقوى الغير محافظة .

يعرف حاصل جمع كلا من الطاقة الحركية والطاقة الكامنة للنظام ب الطاقة الميكانيكية للنظام Mechanical energy .

$$E_{mech} = K + U \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث K تمثل الطاقة الحركية للنظام و U تمثل الطاقة الكامنة للنظام .

قوة الاحتكاك الحركية force of kinetic friction تعد مثال للقوى الغير محافظة .

Chapter seven الفصل السابع

Relation between conservative forces and potential energy العلاقة مابين القوى المحافظة والطاقة الكامنة

دالة طاقة الجهد potential energy function (U) ، تعرف " الشغل المنجز من قبل النظام بواسطة قوة محافظة يساوي النقصان بالطاقة الكامنة للنظام " . الشغل المنجز بواسطة قوة F كلما تحرك الجسم على طول المحور السيني X-axis يعطى بالعلاقة التالية :

$$W_{int} = \int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx = -\Delta U \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

حيث F_x تمثل مركبة القوة $\vec{F}$ باتجاه الازاحة . بالامكان اشتقاق المعادلة (3) اعلاه بالصيغة التالية :

$$\Delta U = U_f - U_i = -\int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx$$

بالامكان تعريف دالة الطاقة الكامنة بالصيغة التالية :

$$U_f(x) = -\int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx + U_i$$

غالبا ماتكون الطاقة الكامنة الابتدائية تساوي صفر $U_i=0$ ، وعليه

$$dU = -F_x \, dx$$

وعليه ، فالقوة المحافظة ترتبط مع دالة الطاقة الكامنة بالعلاقة التالية:

$$F_x = -\frac{dU}{dx} \dots\dots\dots\dots (4)$$

الطاقة الكامنة لنابض تعطى بالعلاقة التالية :

$$U_s = \frac{1}{2}kx^2 \quad elastic\ potential\ energy \quad \text{الطاقة الكامنة المرنة} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

الطاقة الكامنة المرنة لنظام ما بالامكان التعبير عنها " كطاقة مخزونة في النابض المشوه deformed " . التشوه بالنابض يقصد به الاستطالة او الانضغاط (الانكباس) عن موضع الاستقرار. الطاقة الكامنة المرنة المخزونة بالنابض تساوي صفر في حالة عدم حدوث تشوه بالنابض x=0 . الطاقة تخزن في النابض فقط في حالة الاستطالة او الانضغاط . وبسبب ان الطاقة الكامنة المرنة تتناسب طرديا مع x^2 ، فيلاحظ ان U_s تكون دائما موجبة في **النابض المشوه** .

في حالة النابض المشوه

$$F_x = -\frac{dU_s}{dx} = -\frac{d\left(\frac{1}{2}kx^2\right)}{dx} = -kx$$

المعادلة اعلاه ، تماثل القوة المخزونة بالنابض (قانون هوك Hooke's Law)

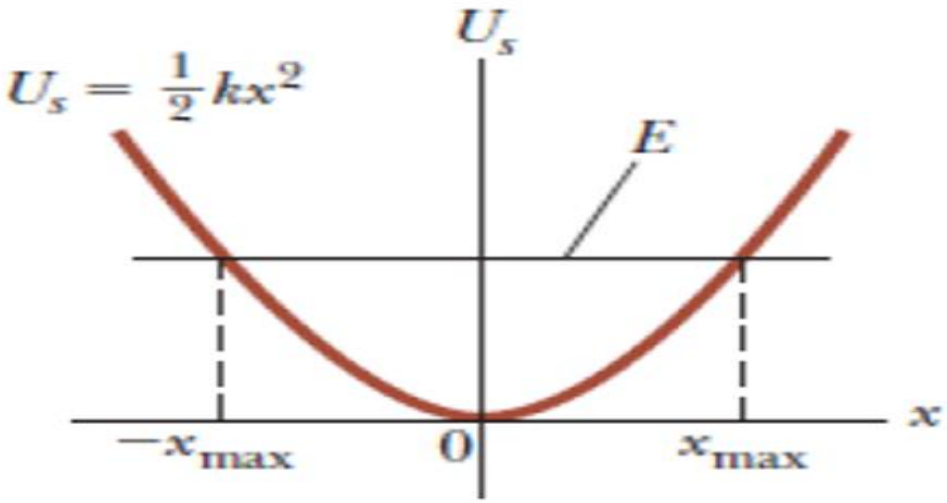
مخطط الطاقة الكامنة Potential energy diagram :

لناخذ بنظر الاعتبار، ان دالة الطاقة الكامنة لنظام متكون من نابض وكتلة block-spring تعطى بالعلاقة التالية:

$$U_s = \frac{1}{2}kx^2$$

مخطط دالة الطاقة الكامنة مع احداثي البعد (الازاحة) موضح بالشكل التالي . حيث القوة F_s المسلطة بواسطة النابض على الكتلة (القطعة) ترتبط مع دالة الطاقة الكامنة بالعلاقة التالية :

$$\boldsymbol{F_x = -\frac{dU_s}{dx} = -kx} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$



وهذا يعني، من الشكل يتضح ان المركبة الافقية للقوة تساوي القيمة السالبة للميل slope لمنحني العلاة مابين U_s و x .

حفظ الطاقة Conservation of Energy :

النص العام لمبدأ حفظ الطاقة، بالامكان وصفه رياضيا بأستعانة معادلة حفظ الطاقة المعرفة كمايلي $\Delta E_{system} = \sum T$.

حيث E_{system} تمثل الطاقة الكلية للنظام وتتضمن كل الطرق لخزن الطاقة (الحركية ، الكامنة ، الداخلية) . T رمز للتعبير عن عملية انتقال transfer وتمثل كمية الطاقة المنتقلة من خلال حدود النظام بواسطة بعض الميكانيكيات او الاليات mechanism . بالامكان التعبير عن حفظ الطاقة للنظام كمايلي:

$$\Delta E_{system} = 0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

وعليه

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

$$(K_f - K_i) + (U_f - U_i) = 0$$

$$\boldsymbol{K_f + U_f = K_i + U_i} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

مثال (1): كرة كتلتها m انحدرت من ارتفاع h فوق مستوى الارض ، وكما موضح بالشكل التالي . احسب (حدد علاقة) الانطلاق للكرة عندما تكون على ارتفاع y فوق سطح الارض ؟ واحسب (حدد علاقة) الانطلاق للكرة عند الارتفاع y حيث في لحظة تحررالكرة تمتلك انطلاق ابتدائي v_i وعند ارتفاع ابتدائي h ؟

في لحظة تحرر الكرة فان طاقتها الحركية الابتدائية تساوي صفر($K_i = 0$) وطاقة الجاذبية الكامنة للنظام $U_{gi} = mgh$ وعندما تكون الكرة على ارتفاع y فوق الارض فطاقتها الحركية النهائية $K_f = 1/2\, mv_f{}^2$ والطاقة الكامنة بالنسبة للارض هي $U_{gf} = mgy$.

بتطبيق المعادلة

$$K_f + U_{gf} = K_i + U_{gi}$$

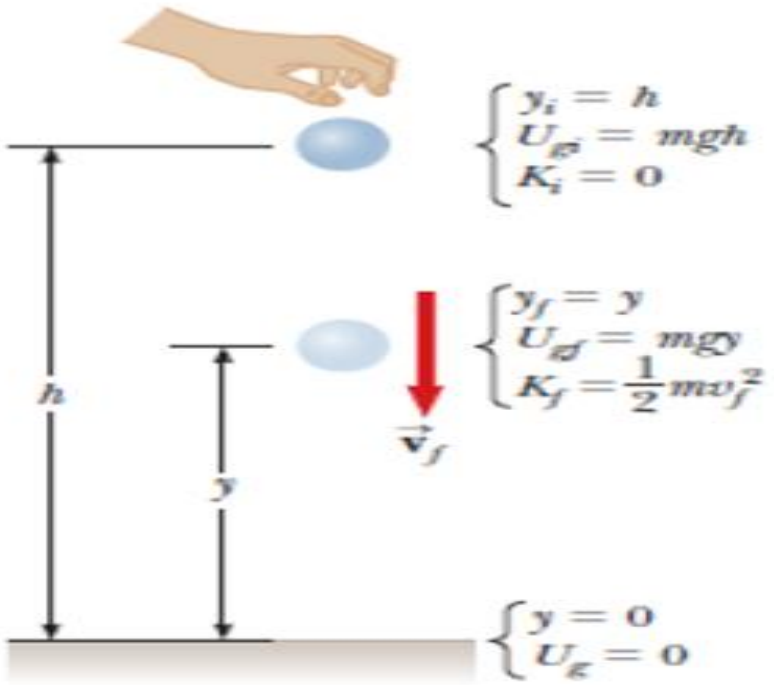
$$1/2\, mv_f{}^2 + mgy = 0 + mgh$$

$$v_f^2 = 2g(h-y) \rightarrow\rightarrow\rightarrow v_f = \sqrt{2g(h-y)}$$

وللحالة الثانية، حيث تمتلك الكرة طاقة طاقة حركية ابتدائية تساوي $K_i = 1/2\, mv_i{}^2$

$$\frac{1}{2}mv_f{}^2 + mgy = \frac{1}{2}mv_i{}^2 + mgh$$

$$v_f^2 = v_i{}^2 + 2g(h-y) \rightarrow\rightarrow\rightarrow v_f = \sqrt{v_i{}^2 + 2g(h-y)}$$



ملاحظة: اعد حل المثال اعلاه وباعتبار القيم التالية ، حيث y=10 m, h=25 m