

الشغل وطاقة الوضع الثقالية - الطاقة الميكانيكية

Travail et Energie potentielle de pesanteur – Energie mécanique

1. طاقة الوضع الثقالية

1. تعريف

طاقة الوضع الثقالية لجسم في مجال الثقالة هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة موضعه بالنسبة للأرض ؛

مصدرها التأثير البيني بين الجسم والأرض .

2. تعبير طاقة الوضع الثقالية

توصلنا سابقا إلى العلاقة :

$$W_{AB}(\vec{P}) = m.g(z_A - z_B) = m.g.z_A - m.g.z_B$$

تبين هذه العلاقة أن شغل وزن الجسم يظهر كفرق لمقدارين :

➤ $m.g.z_A$: طاقة الوضع الثقالية في G_A .

➤ $m.g.z_B$: طاقة الوضع الثقالية في G_B .

نرمز لطاقة الوضع الثقالية بالرمز E_{pp} ؛ وحدتها الجول (J) .

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B) \quad \text{أي أن :}$$

بصفة عامة ، نعبر عن طاقة الوضع الثقالية لجسم صلب كتلته m ؛

$$E_{pp} = m.g.z + K \quad \text{بالعلاقة :}$$

حيث :

➤ K : ثابتة اعتباطية تتعلق بالحالة المرجعية .

➤ z : أنسوب مركز قصور الجسم

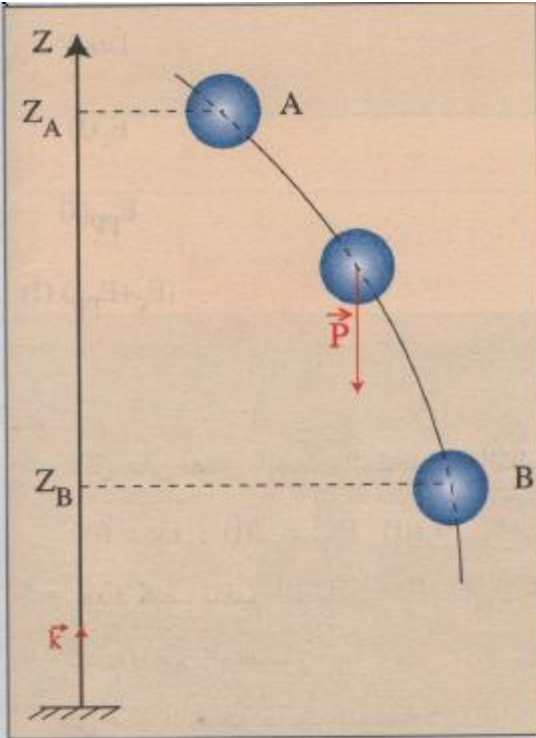
➤ g : شدة الثقالة

3. الحالة المرجعية

الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية هي الحالة التي نختارها اعتباطيا حيث تسند ل طاقة الوضع الثقالية القيمة

$$E_{pp}(z_0) = m.g.z_0 + K = 0 \quad \text{عند الحالة المرجعية نكتب :} \quad E_{pp} = 0$$

أي أن : $K = -m.g.z_0$



سقوط حر لجسم صلب بين الموضعين A و B

نعوض في العلاقة السابقة ؛ فنجد : $E_{pp}(z) = m.g.(z - z_0)$

- إذا كان $z > z_0$ فإن: $E_{pp}(z) > 0$: نقول بأن الجسم فوق الحالة المرجعية .
- إذا كان $z < z_0$ فإن: $E_{pp}(z) < 0$: نقول بأن الجسم تحت الحالة المرجعية.
- إذا كان $z = z_0$ فإن: $E_{pp}(z) = 0$: نقول بأن الجسم في الحالة المرجعية.

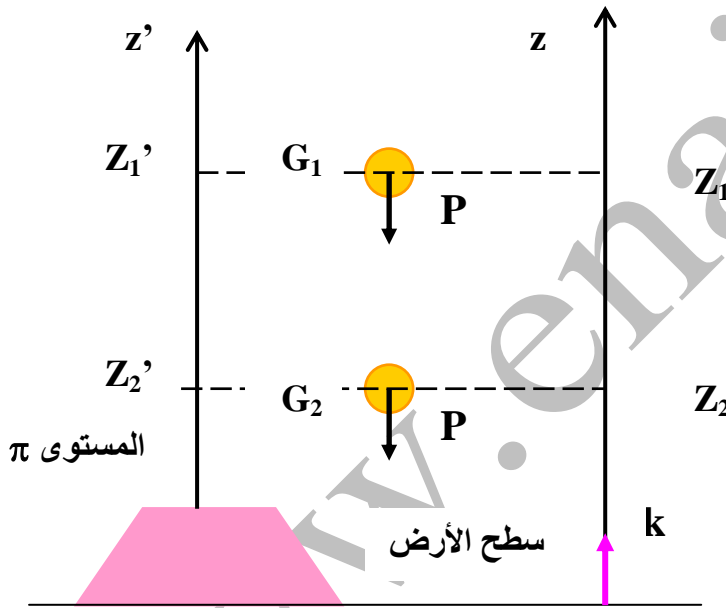
ملحوظة : تتناسب E_{pp} اطرادا مع الارتفاع .

E_{pp} : مقدار جبري عكس الطاقة الحركية التي تكون دائما موجبة.

$E_{pp} = cte$: لجسم فوق مستوى أفقي ($z_G = cte$) .

تطبيق : تمرين 2 ص 69

4. تغير طاقة الوضع الثقالية ΔE_{pp}



➤ الحالة المرجعية منطبقة مع سطح الأرض : $K = 0$

$$\Delta E_{pp} = E_{pp2} - E_{pp1} = (m.g.z_2 + K) - (m.g.z_1 + K)$$

$$\Delta E_{pp} = m.g.z_2 - m.g.z_1 = m.g.(z_2 - z_1) \text{ : أي أن}$$

$$\Delta E_{pp} = -m.g.(z_1 - z_2) = -m.g.h \text{ : ومنه}$$

➤ الحالة المرجعية منطبقة مع المستوى π :

$$\Delta E_{pp} = E'_{pp2} - E'_{pp1} = (m.g.z'_2 + K') - (m.g.z'_1 + K')$$

$$\Delta E_{pp} = m.g.z'_2 - m.g.z'_1 = m.g.(z'_2 - z'_1) \quad \text{أي أن :}$$

$$\Delta E_{pp} = -m.g.(z'_1 - z'_2) = -m.g.h = W_{G1G2}(\vec{P}) \quad \text{ومنه :}$$

استنتاج : تغير طاقة الوضع الثقالية لا يتعلق بالحالة المرجعية التي يتم اختيارها .
ملحوظة :

- $z_1 > z_2$: أي أن $\Delta E_{pp} < 0$: يفقد الجسم طاقة الوضع الثقالية أثناء نزوله .
➤ $z_1 < z_2$: أي أن $\Delta E_{pp} > 0$: يكتسب الجسم طاقة الوضع الثقالية أثناء صعوده .

تطبيق : تمرين 5 ص 69

1. حساب طاقة الوضع الثقالية للحمولة :

$$\text{لدينا : } E_{pp}(z) = m.g.(z - z_0) = m.g.h$$

$$\text{ت.ع : } E_{pp}(z) = 100.9,8.6 = 5,88.10^3 \text{ J}$$

2. حساب تغير طاقة الوضع الثقالية ΔE_{pp} :

$$\Delta E_{pp} = E_{pp}(\text{imble}) - E_{pp}(\text{Terre}) = m.g.h' - m.g.z_0$$

$$\Delta E_{pp} = m.g.h' = 100.9,8.15 = 1,47.10^4 \text{ J} \quad \text{أي أن :}$$

II . الطاقة الميكانيكية Energie mécanique

1. تعريف

نسمي الطاقة الميكانيكية لجسم صلب عند كل لحظة مجموع طاقته الحركية وطاقة الوضع الثقالية ؛ نرمز لها بالرمز E_m ووحدتها الجول .

$$\text{ملحوظة : في حالة السقوط الحر : } E_m = \frac{1}{2} m.v^2 + m.g.z + K$$

حيث v سرعة الجسم و z أنسوب مركز قصوره G في لحظة معينة :

2. انحفاظ الطاقة الميكانيكية

2.1 حالة السقوط الحر : النشاط 1 ص 56

في حالة السقوط الحر؛ يخضع الجسم لوزنه فقط أي أن : $-\Delta E_{pp} = W_{12}(\vec{P})$

فحسب مبرهنة الطاقة الحركية نكتب : $\Delta E_C = E_C(2) - E_C(1) = W_{12}(\vec{P})$

$$\text{أي أن : } \Delta E_C = -\Delta E_{pp}$$

$$\text{ومنه : } E_C(2) - E_C(1) = E_{pp}(1) - E_{pp}(2)$$

$$\text{وبالتالي نجد : } E_C(2) + E_{pp}(2) = E_C(1) + E_{pp}(1)$$

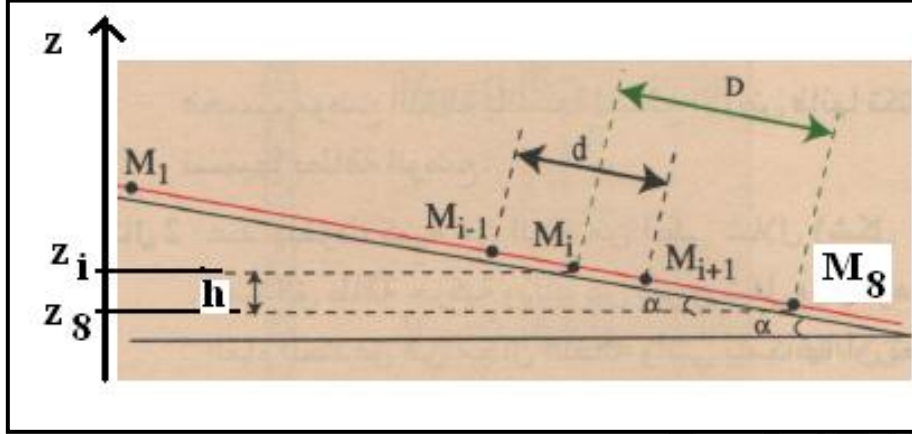
$$\text{انحفاظ الطاقة الميكانيكية : } E_m(2) = E_m(1)$$

أثناء السقوط الحر تنحفظ الطاقة الميكانيكية .
وزن الجسم قوة محافظة لأنها لا تغير من قيمة الطاقة الميكانيكية

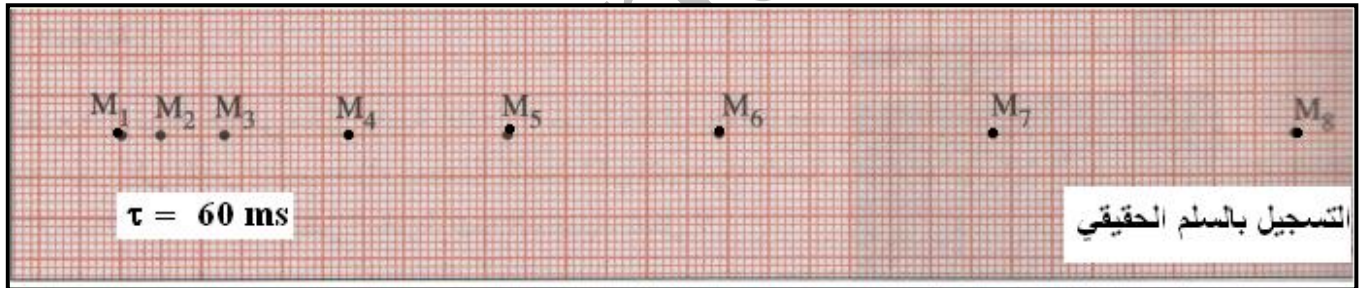
خلاصة :

2.2 حالة جسم صلب خاضع لعدة قوى بدون احتكاك

2.2.1 نشاط تجريبي



نرسل حاملا ذاتيا (S) بدون سرعة بدئية ، فوق منضدة مائلة بزواوية بالنسبة للخط الأفقي نعطي و
نسجل مواضع مركز قصوره خلال مدد زمنية متتالية متساوية فنحصل على التسجيل التالي:

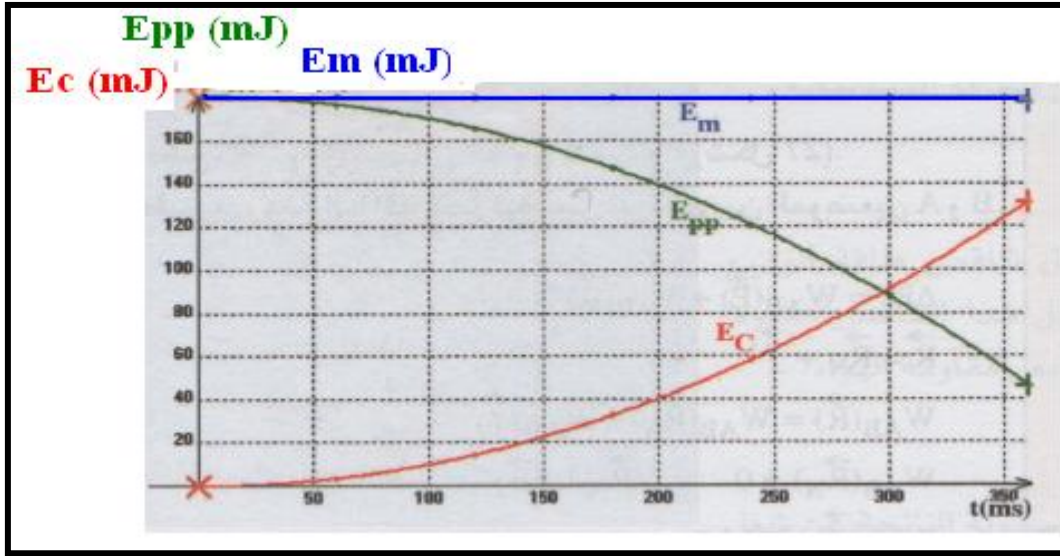


نختار المستوى المرجعي لطاقة الوضع الثقالية عند الموضع M_0

2.2.2 جدول النتائج

M_8	M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	النقطة
420	360	300	240	180	120	60	0	$t (10^{-3} s)$
****	7,10	5,90	4,60	3,50	2,30	1,30	***	$d (10^{-2} m)$
0	0,38	0,71	0,97	1,17	1,32	1,40	1,45	$D(10^{-1}m)$
***	128,10	88,45	53,76	31,12	13,44	4,29	***	$Ec (mJ)$
***	47,31	88,39	120,76	145,66	164,34	174,30	181,52	$Epp (mJ)$
***	175,40	176,84	174,52	176,78	177,78	178,60	***	$Ec+Epp (mJ)$
14,50	10,70	7,40	4,80	2,80	1,30	0,5	0	$x_i (10^{-2} m)$

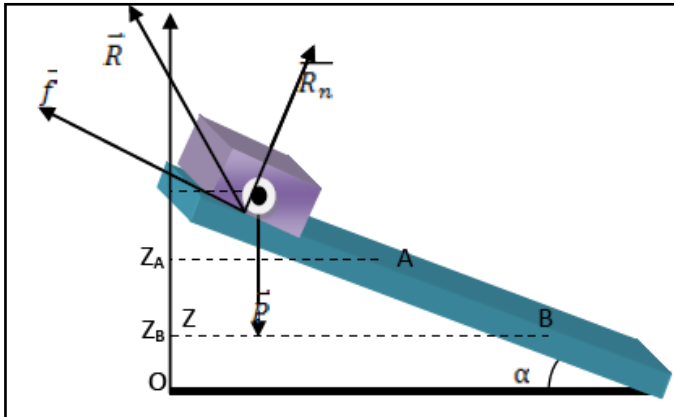
2.2.3. تمثيل المنحنيات



2.2.4. استنتاج: نستنتج أن الطاقة الميكانيكية تبقى ثابتة نقول بأنها محفوظة .

3. عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية

نعتبر جسما صلبا (S) حركة مستقيمة على مستوى مائل بزاوية α بالنسبة للمستوى الأفقي . نعتبر الاحتكاكات مهمة .



حسب مبرهنة الطاقة الحركية بين A و B نكتب : $\Delta E_C = E_C(B) - E_C(A) = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$

أي أن : $E_C(B) - E_C(A) = -\Delta E_{pp} + W_{AB}(\vec{R})$

ومنه : $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$: لأن $\Delta E_C + \Delta E_{pp} = W_{AB}(\vec{R}) = W_{AB}(\vec{f})$

ومنه : $\Delta E_C + \Delta E_{pp} = \Delta E_m = W_{AB}(\vec{f})$

بما أن : $W_{AB}(\vec{f}) < 0$ فإن : $\Delta E_m < 0$ ؛ ومنه : $E_m(B) < E_m(A)$

نضع $Q = -W_{AB}(\vec{f})$ أي ان : $\Delta E_m = -Q$

حيث Q الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتكاكات .