

تعريف

يعرف الشغل المبذول بواسطة القوة الثابتة \vec{F} في تحريك جسم من موضع ابتدائي إلى موضع نهائي ويرمز له بالرمز (ش) على أنه يساوى حاصل الضرب القياسى لمتجه القوة فى متجه الإزاحة بين الموضعين

$$ش = \vec{F} \cdot \vec{F}$$

يتضح إذاً أن الشغل هو كمية قياسية قد تكون موجبة أو سالبة أو مساوية للصفر تبعاً لاتجاه ومقدار كل من المتجهين \vec{F} ، \vec{F}

ومن وحدات قياس الشغل:

✓ **ال جول:** يعرف الجول بأن مقدار الشغل الذى تبذله قوة مقدارها نيوتن واحد في تحريك جسم ما مسافة متر واحد.

✓ **الإرج:** يعرف الإرج على أنه مقدار الشغل الذى تبذله قوة مقدارها دايين واحد في تحريك جسم ما مسافة سنتيمتر واحد.

✓ **ث كجم.متر:** هو مقدار الشغل الذى تبذله قوة مقدارها ١ ث كجم في تحريك جسم ما مسافة متر واحد.

مثال

١) تحرك جسم على خط مستقيم تحت تأثير القوة $\vec{F} = 6\vec{s} + 8\vec{v}$ من النقطة أ (٣، ٤) إلى النقطة ب (٧، ٢) احسب الشغل المبذول بواسطة هذه القوة.

🟡 **الحل**

$$\text{متجه الإزاحة } \vec{F} = \vec{AB} = \vec{B} - \vec{A} = (7\vec{s} + 2\vec{v}) - (3\vec{s} - 4\vec{v})$$

$$\vec{F} = 4\vec{s} + 6\vec{v}$$

$$ش = \vec{F} \cdot \vec{F}$$

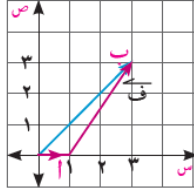
$$ش = (6\vec{s} + 8\vec{v}) \cdot (4\vec{s} + 6\vec{v}) = 6 \times 4 + 8 \times 6 = 72 \text{ وحدة قياس شغل}$$

الشغل – امثلة الكتاب المدرسي – اجابة تمارين حاول ان تحل

مثال

٢ تحرك جسم على خط مستقيم تحت تأثير القوة $\vec{Q} = 5\text{ س} - 3\text{ ص}$ من النقطة أ (١، ٠) إلى النقطة ب (٣، ٣) حيث ينسب التحليل إلى مجموعة محاور ديكارتية متعامدة \vec{S} ، \vec{V} . عين الشغل المبذول

الحل



شكل (٥)

يبين شكل (٥) موضع كل من النقطتين أ، ب بالنسبة للمحاور.

لحساب متجه الإزاحة \vec{Q} :

(قاعدة طرح المتجهات)

$$\vec{Q} = \vec{OB} - \vec{OA}$$

$$\therefore \vec{Q} = (1-3)\vec{S} + (0-3)\vec{V}$$

$$= 2\vec{S} + 3\vec{V}$$

$$\therefore \text{ش} = \vec{Q} \cdot \vec{Q}$$

$$= (5\vec{S} - 3\vec{V}) \cdot (2\vec{S} + 3\vec{V})$$

$$= 10 + 9 = 19 \text{ وحدة قياس شغل.}$$

مثال

٢ أثرت القوة $\vec{Q} = 3\vec{S} + 5\vec{V}$ على جسم فحركته من النقطة أ (٢، ٤) على خط مستقيم إلى النقطة ب (٥، ٣) ثم إلى النقطة ج (٨، ٢) إحسب الشغل بواسطة هذه القوة خلال كل من الأزاحتين ثم حقق أن مجموع الشغلين يساوي الشغل المبذول خلال الأزاحة المحصلة.

الحل

$$\text{أولاً: متجه الأزاحة الأولى } \vec{AB} = \vec{B} - \vec{A} = (3, 5) - (2, 4) = (1, 1)$$

الشغل المبذول خلال الأزاحة الأولى

$$\text{ش}_1 = \vec{Q} \cdot \vec{AB} = (3\vec{S} + 5\vec{V}) \cdot (\vec{S} + \vec{V})$$

$$\text{ش}_1 = 9 + 5 = 14 \text{ وحدة قياس شغل}$$

$$\text{متجه الأزاحة الثانية } \vec{BC} = \vec{C} - \vec{B} = (8, 2) - (5, 3) = (3, -1)$$

الشغل المبذول خلال الأزاحة الثانية

$$\text{ش}_2 = \vec{Q} \cdot \vec{BC} = (3\vec{S} + 5\vec{V}) \cdot (3\vec{S} - \vec{V})$$

$$\text{ش}_2 = 9 - 5 = 4 \text{ وحدة قياس شغل}$$

الشغل المحصل = مجموع الشغلين

$$\text{ش} = \text{ش}_1 + \text{ش}_2 = 14 + 4 = 18 \text{ وحدة قياس شغل}$$

$$\text{ثانياً: الأزاحة المحصلة } \vec{AC} = \vec{C} - \vec{A} = (8, 2) - (2, 4) = (6, -2)$$

الشغل خلال الأزاحة المحصلة

$$\text{ش} = \vec{Q} \cdot \vec{AC} = (3\vec{S} + 5\vec{V}) \cdot (6\vec{S} - 2\vec{V})$$

$$\text{ش} = 18 - 10 = 8 \text{ وحدة قياس الشغل}$$

مثال

٤ أثرت قوة $\vec{F} = 2\vec{s} + 3\vec{v}$ على جسيم فكان متجه موضع الجسيم عند لحظة زمنية n تتعين من العلاقة: $\vec{r}(n) = (n+5)\vec{s} + (n^2+4)\vec{v}$ حيث \vec{s} ، \vec{v} متجها الوحدة الأساسيين، احسب الشغل المبذول من القوة من $n=1$ إلى $n=5$

الحل

الإزاحة الحادثة من $n=1$ إلى $n=5$ هي

$$\vec{F} = 2\vec{s} + 3\vec{v}$$

$$\therefore \vec{F} = (5\vec{s} + 25\vec{v}) - (1\vec{s} + 4\vec{v}) = 4\vec{s} + 21\vec{v}$$

$$\therefore \text{ش} = \vec{F} \cdot \vec{v} = (4\vec{s} + 21\vec{v}) \cdot \vec{v} = 4 \times 0 + 21 \times 1 = 21 \text{ وحدة شغل.}$$

$$\therefore \text{ش} = (2, 3) \cdot (4, 21) = 8 + 42 = 50 \text{ وحدة شغل.}$$

مثال

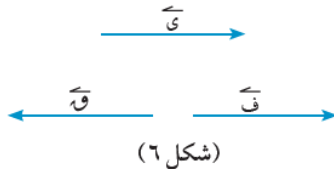
٥ يتحرك جسيم على خط مستقيم وكانت تؤثر عليه قوة مقاومة تساوى فى المقدار ١٠٠ نيوتن. أحسب الشغل الذى تبذله هذه القوة خلال أزاحة معيارها ٣٠٠ متر.

الحل

بما أن القوة هي مقاومة. إذن فهي تعمل عكس اتجاه متجه الإزاحة، وإذا كان \vec{v} متجه وحدة في اتجاه الإزاحة، فإنه يمكن التعبير عن كل من الإزاحة والقوة بالقياسات الجبرية.

$$\vec{F} = -F\vec{v}, \quad \vec{v} = v\vec{v}$$

فى حالتنا:



$$F = 300 \text{ متر}, \quad v = 100 \text{ نيوتن}$$

$$\text{ش} = -Fv = -30000$$

$$= (300) \times (100) =$$

$$= -3 \times 10^4 \text{ نيوتن. متر}$$

$$= -3 \times 10^4 \text{ جول}$$

مثال

شغل الوزن ورد الفعل العمودى والأحتكاك

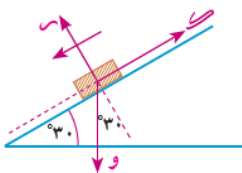
٦ ينزلق جسم كتلته ١٠ كجم مسافة ٦ متر على مستو خشن معامل الأحتكاك الحركى بينهما ٠,٢ ويميل هذا المستوى على الأفقى بزاوية قياسها ٣٠°. أوجد بوحدة ث كجم. متر الشغل الذى تبذله كلاً من:
أولاً: قوة وزن الجسم ثانياً: رد فعل المستوى ثالثاً: قوة الأحتكاك

الحل

أولاً: الشغل المبذول من قوة الوزن

$$\text{وزن الجسم (و)} = K \cdot g$$

$$\therefore W = 10 \times 9,8 = 98 \text{ نيوتن}$$



∴ الزاوية المحصورة بين \vec{w} ، \vec{F} تساوى 60°

ومن تعريف الشغل:

$$\text{ش} = w \times F \cos 60^\circ$$

$$\therefore \text{ش} = 98 \times 6 \times \frac{1}{2} = 294 \text{ جول} = 30 \text{ ث كجم. متر}$$

 **حل آخر:**

يمكن إيجاد مركبة الوزن التى تعمل فى نفس اتجاه الإزاحة ويكون الشغل المبذول $\text{ش} = K \times \text{ج} \times F$
∴ $\text{ش} = 10 \times 9,8 \times \frac{1}{2} \times 6 = 294 \text{ جول} = 30 \text{ ث كجم. متر}$

ثانيًا:

∴ قوة رد فعل المستوى (M) تكون دائمًا عمودية على المستوى الذى يتحرك عليه الجسم لذا تكون الزاوية بين M ، F مساوية 90° .
∴ شغل رد فعل المستوى $\text{ش} = \text{صفر}$.

ثالثًا: الشغل المبذول من قوة الاحتكاك:

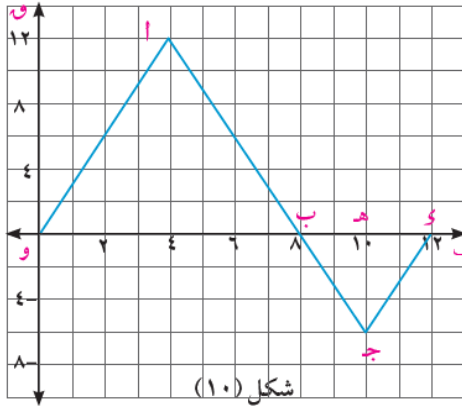
نعلم أن قوة الاحتكاك الحركى $K = M \mu$ (حيث M معامل الاحتكاك الحركى)

$$\therefore K = 2 \times 0,1 \times 9,8 \times 30 = 58,8 \text{ نيوتن}$$

∴ الشغل المبذول من المقاومة $\text{ش} = -K \times F$

$$\therefore \text{ش} = -58,8 \times 6 = -352,8 \text{ جول} = -30 \text{ ث كجم. متر}$$

مثال



شكل (٨) يوضح تأثير قوة متغيرة على جسم احسب الشغل المبذول بالإرج بواسطة هذه القوة في الحالات الآتية:

- أولاً:** عندما يتحرك الجسم من $F = 0$ إلى $F = 8$
ثانياً: عندما يتحرك الجسم من $F = 8$ إلى $F = 12$
ثالثاً: عندما يتحرك الجسم من $F = 0$ إلى $F = 12$

الحل

أولاً: ش $W_1 = 0$ و $F = 8$ = المساحة تحت المنحنى من $F = 0$ إلى $F = 8$

$$= \text{مساحة سطح } \triangle \text{ و } \Delta = \frac{1}{2} \times 8 \times 12 = 48 \text{ جول}$$

ثانياً: ش $W_2 = 8$ و $F = 12$ = المساحة تحت المنحنى من $F = 8$ إلى $F = 12$

$$= - \text{مساحة سطح } \triangle \text{ ب ج د} = \frac{1}{2} \times 4 \times 6 = -12 \text{ جول}$$

ثالثاً: ش $W_3 = 0$ و $F = 12$ = المساحة تحت المنحنى من $F = 0$ إلى $F = 12$

$$= \text{مساحة سطح } \triangle \text{ و } \Delta \text{ ب ج د} - \text{مساحة سطح } \triangle \text{ ب ج د}$$

$$= \frac{1}{2} \times 8 \times 12 - \frac{1}{2} \times 4 \times 6 = 36 \text{ جول}$$

مثال

٨ أثرت قوة متغيرة F (مقيسة بالنيوتن) على جسم حيث $F = 3x^2 - 4$. أوجد الشغل المبذول من هذه القوة في الفترة من $F = 2$ متر إلى $F = 5$ متر؟

الحل

$$\therefore F = 3x^2 - 4, \text{ ش } W_1 = 2 \text{ و } F = 5$$

$$\therefore \text{ ش } W_2 = (3x^2 - 4) \text{ و } F = [5 - 2] = 3$$

$$\therefore \text{ ش } W_3 = [(20 - 125) - (8 - 8)] = 105 \text{ جول}$$

الشغل ١-٤

حاول ان تحل

١) تحرك جسم على خط مستقيم تحت تأثير القوة $\vec{F} = 5\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2$ من النقطة $A(2, 0)$ إلى النقطة $B(1, 3)$ احسب الشغل المبذول بواسطة هذه القوة

$$\begin{aligned} \vec{F} &= 5\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 \\ \vec{AB} &= \vec{B} - \vec{A} \\ &= (1, 3) - (2, 0) = (-1, 3) \\ W &= \vec{F} \cdot \vec{AB} \\ &= (5, 2) \cdot (-1, 3) \\ &= (-5) + (6) = 1 \end{aligned}$$

حاول ان تحل

٢) يتحرك جسم تحت تأثير القوتين $\vec{F}_1 = 2\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2$ ، $\vec{F}_2 = 5\vec{e}_1 + \vec{e}_2$ من النقطة $A(1, 2)$ إلى النقطة $B(0, 3)$ حيث \vec{e}_1, \vec{e}_2 متجهي الوحدة الأساسية. احسب الشغل المبذول.

$$\begin{aligned} \vec{F} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \\ &= (2, -3) + (5, 1) = (7, -2) \\ \vec{AB} &= \vec{B} - \vec{A} \\ &= (0, 3) - (1, 2) = (-1, 1) \\ W &= \vec{F} \cdot \vec{AB} \\ &= (7, -2) \cdot (-1, 1) \\ &= (-7) + (-2) = -9 \end{aligned}$$

حاول ان تحل

(٢) أثرت القوة $\vec{F} = 5 \text{ نيوتن}$ على جسم فحركته من النقطة $A(1, 0)$ على خط مستقيم إلى النقطة $B(3, 1)$ ثم إلى النقطة $C(6, 4)$ احسب الشغل بواسطة هذه القوة خلال كل من الأزاحتين ثم حقق أن مجموع الشغلين يساوي الشغل المبذول خلال الأزاحة المحصلة.

الشغل المبذول خلال \vec{AP}

$$\begin{aligned} \vec{AP} &= \vec{P} - \vec{A} = (3, 1) - (1, 0) = (2, 1) \\ W_{AP} &= \vec{F} \cdot \vec{AP} = (5, 0) \cdot (2, 1) = 10 + 0 = 10 \text{ جول} \\ W_{BC} &= (2, 1) + (3, 1) = (5, 2) \end{aligned}$$

الشغل المبذول من \vec{AC}

$$\begin{aligned} \vec{AC} &= \vec{C} - \vec{A} = (6, 4) - (1, 0) = (5, 4) \\ W_{AC} &= \vec{F} \cdot \vec{AC} = (5, 0) \cdot (5, 4) = 25 + 0 = 25 \text{ جول} \\ W_{AB} &= 10 + 15 = 25 \end{aligned}$$

$$W_{AB} + W_{BC} = 10 + 15 = 25 = W_{AC}$$

الشغل المبذول من \vec{AP}

$$\begin{aligned} \vec{AP} &= \vec{P} - \vec{A} = (6, 4) - (1, 0) = (5, 4) \\ W_{AP} &= \vec{F} \cdot \vec{AP} = (5, 0) \cdot (5, 4) = 25 + 0 = 25 \text{ جول} \\ W_{BC} &= 10 + 15 = 25 \end{aligned}$$

المجموع النهائي = الشغل المبذول

$$W_{AB} + W_{BC} = W_{AC}$$

حاول ان تحل

٤) إذا كان متجه موضع جسيم يعطى كدالة في الزمن بالعلاقة: $\vec{r}(n) = (n+4)\vec{u} + (n^2+3)\vec{v}$ حيث \vec{u} ، \vec{v} متجهي الوحدة الأساسية. أثرت على الجسم قوة $\vec{F} = 3\vec{u} + 2\vec{v}$ أحسب الشغل المبذول من القوة \vec{F} من $n=1$ إلى $n=3$

$$\vec{r} = 3\vec{u} + 2\vec{v}$$

$$\vec{F} = 3\vec{u} - 2\vec{v}$$

$$W = (3+4)\vec{u} + (9+4)\vec{v} = 7\vec{u} + 13\vec{v}$$

$$W = 7\vec{u} + 13\vec{v}$$

$$\vec{F} \cdot \vec{v} = 3$$

$$(3\vec{u} - 2\vec{v}) \cdot (2\vec{u} + 3\vec{v}) =$$

$$6\vec{u} \cdot \vec{u} + 9\vec{v} \cdot \vec{v} = 6 + 9 = 15$$

$$0 = 3 + 3 = 6$$

$$W = 15 + 9 = 24$$

$$W = 24 \text{ ج.د.}$$

$$W = 24 - 15 = 9$$

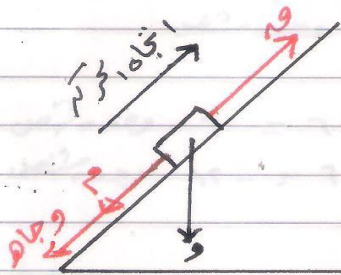
$$W = 9 - 0 = 9 \text{ ج.د.}$$

الشغل - امثلة الكتاب المدرسي - اجابة تمارين حاول ان تحل

حاول ان تحل

٥) سيارة كتلتها ٦ طن تصعد منحدرًا يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{1}{98}$ ضد مقاومات تعادل ١٠ ث كجم لكل طن من الكتلة فاكسبت سرعة ٥٤ كم / س خلال ٣٠ ثانية ، فإذا بدأت السيارة حركتها من السكون فأحسب بالجول مقدار الشغل المبذول من:
أولاً: قوة محرك السيارة
ثالثاً: وزن السيارة
ثانيًا: قوة المقاومة

$$\begin{aligned} \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \\ \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \\ \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \end{aligned}$$



$$\text{ع.} = \text{ع} + \text{ع} = 2.7 + 2.7 = 5.4 \text{ م}$$

$$\begin{aligned} \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \\ \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \\ \text{ع.} &= \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م} \end{aligned}$$

$$\text{ع.} = \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م}$$

$$\text{ع.} = \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م}$$

$$\text{ع.} = \text{ع} = \frac{9}{18} \times 54 = 2.7 \text{ م}$$

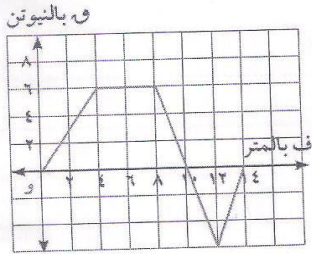
الشغل – امثلة الكتاب المدرسى – اجابة تمارين حاول ان تحل

۴. حاول أن تحل

٦) الشكل المقابل يوضح تأثير قوة متغيرة على جسم احسب الشغل الكلى المبذول بواسطة هذه القوة في الحالات الآتية:

أولاً: من ف = ٠ إلى ف = ١٠

ثانيًا: من ف = ٨ إلى ف = ١٤



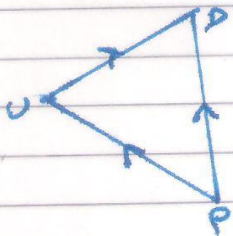
شکل (۱۱)

[illegible]

$7 = 7 \times 1 \times \frac{1}{2}$ 2 1, 1, 1 1, 1, 1, 1
 $15 = 7 \times 2 \times \frac{1}{2}$ 2 1, 1, 1, 1
 $21 = 7 \times 3 \times \frac{1}{2}$ 2 1, 1, 1, 1, 1

تفكير ناقد

أثبت أنه إذا حدث للجسم إزاحتان متتاليتان تحت تأثير قوة ما، فإن الشغل المبذول خلال الإزاحة المحصلة يساوي مجموع الشغليين خلال كل من الإزاحتين.



نقطة P على حركة جسم من نقطة A إلى B
 من A إلى P $1 = (P - A)$
 من P إلى B $1 = (B - P)$
 المجموع $1 + 1 = (P - A) + (B - P)$
 $(P - A) + (B - P) = 1$
 $(B - A) = 1$

حاول ان تحل

٧ أثرت قوة متغيرة F (مقاسة بالداين) على جسيم حيث F تعطى بالعلاقة:
 $F = 4 - 3x^2 + x^4$. أوجد الشغل المبذول من هذه القوة في الفترة من $F = 0$ إلى $F = 4$

$$F = 4 - 3x^2 + x^4$$

$$F = 4 - 3x^2 + x^4$$

$$F = 4 - 3x^2 + x^4$$

$$4 + 16 - 256 = 24$$

تفسير شفوي: إذا تحرك جسيم على خط مستقيم من موضع ما ثم عاد إلى نفس هذا الموضع تحت تأثير نفس القوة فما مقدار الشغل المبذول خلال هذا المسار؟

$$\begin{aligned} \text{الشغل} &= \text{قوة} \times \text{مسافة} \\ \text{الشغل} &= 0 \times \text{مسافة} \\ \text{الشغل} &= 0 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{الشغل المبذول} = 0$$

