



الشغل والآلات البسيطة

الشغل

تفسر قوانين نيوتن في الحركة كيف تغير القوى من حالة حركة الجسم. فأنت إذا أثرت بقوة في الصندوق، كما هو مبين في الشكل ١٤، فسوف يتحرك إلى أعلى. فهل يعني ذلك أنك بذلت شغلاً على الصندوق؟ عندما تفكر في الشغل ربما يتبادر إلى ذهنك الأعمال المنزلية الروتينية. أمّا في العلوم فإن تعريف الشغل أكثر تحديداً. يُبذل **الشغل** عندما تؤدي القوة المؤثرة في جسم إلى تحريك الجسم في اتجاه القوة المؤثرة نفسه.

ففي هذا الدرس

الأهداف

- تعرف المقصود بالشغل.
- تميز بين أنواع مختلفة من الآلات البسيطة.
- توضح كيف تقلل الآلات البسيطة الجهد المبذول.

الأهمية

تسهل الآلات البسيطة الشغل المبذول.

مراجعة المفردات

نصف القطر المسافة بين مركز الدائرة وأي نقطة على محيطها.

المفردات الجديدة

- الشغل
- الآلة المركبة
- الآلة البسيطة
- الفائدة الآلية

الجهد لا يساوي الشغل دائماً إذا ضغطت على جدار فهل تبذل شغلاً؟ تذكر أنه لبذل شغل لا بد من توافر شرطين. أولاً، يجب أن تؤثر بقوة في الجسم. ثانياً، يجب أن يتحرك الجسم في اتجاه القوة المؤثرة. إذا لم يتحرك الجدار فليس هناك شغل مبذول. تخيل نفسك ترفع الصندوق في الشكل ١٤، إن يديك تؤثران بقوة إلى أعلى لرفع الصندوق، ويتحرك الصندوق إلى أعلى في اتجاه القوة، لذا فأنت بذلت شغلاً. ولكن إذا تحركت إلى الأمام وأنت تحمل الصندوق، فإنك سوف تبقى تشعر بأن ذراعيك تؤثران بقوة للأعلى على الصندوق. ولكن الصندوق يتحرك إلى الأمام. ولأن اتجاه الحركة ليس بنفس اتجاه القوة المؤثرة من ذراعيك على الصندوق فإن ذراعيك لا يبذلان شغلاً.

الشكل ١٤ يُبذل شغل فقط عندما يتحرك الجسم في اتجاه القوة المؤثرة فيه.

أنت تبذل شغلاً عند رفعك
الصندوق إلى أعلى لأن
الصندوق يتحرك إلى أعلى.



بالرغم من حركة الصندوق إلى الأمام فإن ذراعيك لا تبذلان شغلاً لأنهما تؤثران بقوة إلى أعلى.



العضلات والشغل

رغم أن الجدار لا يتحرك عندما تضغط عليه، لكنك تشعر

حساب الشغل

لبذل شغل يجب أن تؤثر قوة ويتحرك الجسم في اتجاه القوة نفسها. وكلما كانت القوة أكبر زاد الشغل المبذول. أي العاملين يلزمه شغل أكثر؛ رفع الحذاء من الأرض إلى ارتفاع خصرك، أم رفع كومة من الكتب من الأرض إلى الارتفاع نفسه؟
رغم أن الحذاء وكومة الكتب تحركا المسافة نفسها إلا أن القوة اللازمة لرفع الكتب أكبر. ولذلك، يلزم بذل شغل أكبر. ويمكن

المعطيات:

المسافة: $F = 100$ متر

القوة: $Q = 50$ نيوتن

المطلوب: الشغل: ش = ؟ جول

طريقة الحل: بالتعويض في معادلة الشغل

الشغل = Q (نيوتن) * F (المتر) = $50 * 100 = 5000$ جول

المعطيات:

المسافة: $F = 200$ متر

القوة: $Q = 6$ نيوتن

المطلوب: الشغل: ش = ؟ جول

طريقة الحل: بالتعويض في معادلة الشغل

الشغل = Q (نيوتن) * F (المتر) = $6 * 200 = 1200$ جول

حل معادلة بسيطة

رفع الأثقال رفع رافع أثقال وزناً مقداره 500 نيوتن مسافة 2 م من الأرض إلى موقع أعلى من رأسه. احسب الشغل الذي بذله.

الحل

1 المعطيات

القوة: $Q = 500$ نيوتن

2 المطلوب

الشغل: ش = ؟ جول

3 طريقة الحل

عوض بالقيم المعلومة للقوة والمسافة في معادلة الشغل

ش = $Q * F = 500 * 2$ نيوتن × م

ش = 1000 جول

4 التحقق من الحل

اقسم الإجابة على المسافة، سوف تنتج القوة المعطاة.

مسائل تدريبية

1. إذا دفعت عربة حاسوب مسافة 10 أمتار بقوة أفقية مقدارها 50 نيوتن، فما مقدار الشغل الذي تبذله؟

2. ما مقدار الشغل الذي يبذله متسابق أولمبي أثناء ركضه مسافة 200 متر بقوة 6 نيوتن؟



يقاس الشغل بوحدته الجول (J)، نسبة إلى العالم البريطاني جيمس بريسكوت جول الذي بين أن الشغل والطاقة مرتبطان.

قد يساعدك على تكوينين تصور عن قيمة الجول أن تعلم أنه لرفع ثمرة خوخ كبيرة من الأرض إلى ارتفاع خصرك يلزم بذل ١ جول من الشغل تقريبًا.

ما الآلة؟

كم آلة استعملت اليوم؟ وفيما استعملتها؟

الآلة أداة تسهل أداء العمل. مفتاح العلب المبين في الشكل ١٥ آلة تحول القوة الصغيرة إلى قوة أكبر، وبذلك يسهل فتح العلبة. **الآلة البسيطة** هي التي تتطلب حركة واحدة فقط. مفك البراغي مثال على الآلة البسيطة؛ فهو يعمل بحركة دائرية. ومن الآلات البسيطة: البكرة، والرافعة (العتلة)، والعجلة والمحور، والسطح المائل، والإسفين والبرغي. أما **الآلة المركبة** فتتكوّن من مجموعة من الآلات البسيطة، ومنها مفتاح العلب. تسهل الآلات البسيطة الشغل بإحدى الطرائق التالية: تغيير مقدار القوة، أو تغيير اتجاه القوة، أو كليهما معًا.

الفائدة الآلية نقول إن الآلات مفيدة؛ لأنها تقوم بمضاعفة أثر القوى المبذولة. وتعرف النسبة التي تضاعف بها الآلة أثر القوة المؤثرة بـ **الفائدة الآلية**. عندما تضغط على مقبض مفتاح العلب فإنك تؤثر فيه بقوة تسمى القوة المبذولة ويغير مفتاح العلب هذه القوة إلى قوة أخرى تؤثر في النصل الذي يقطع غطاء العلبة، وتسمى هذه القوة الناتجة. ويمكن إيجاد الفائدة الآلية بقسمة القوة الناتجة على القوة المبذولة.

معادلة الفائدة الآلية

$$\text{الفائدة الآلية} = \frac{\text{القوة الناتجة}}{\text{القوة المبذولة}}$$

كيف تجعل الآلات البسيطة الشغل أسهل؟ **ماذا قرأت؟**

إما بتغيير مقدار القوة أو تغيير اتجاه القوة أو كليهما معًا

الشكل ١٥ مفتاح العلب يحول القوة الصغيرة من يدك إلى قوة كبيرة على النصل الذي يقطع غطاء العلبة.

العلوم
عبر المواقع الإلكترونية

الآلات القديمة

ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت

نشاط اكتب قصة تقع أحداثها في القرن التاسع عشر يستخدم فيها شخصيات القصة ثلاث آلات قديمة. وبيّن كيف تسهل الآلات العمل.

البكرة

لرفع ستارة نافذة فإنك تشد حبلًا للأسفل يمر خلال بكرة تغير اتجاه القوة. فالبكرة عجلة بها تجويف في وسط إطارها يمكن أن يمر خلاله حبل. تغير البكرة اتجاه القوة المبذولة. فالبكرة البسيطة المبيّنة في الشكل ١٦ تغير اتجاه القوة فقط وليس مقدارها، لذا فالفائدة الآلية لها تعادل ١.

يمكن الحصول على فائدة آلية أكبر إذا استخدمنا أكثر من بكرة واحدة. نظام البكرتين المبين في الشكل ١٦ فائدته الآلية تساوي ٢.

كل حبل من حبال الحمل يحمل نصف الوزن المعلق. ولذلك تكون القوة المبذولة مساوية لنصف وزن الثقل المرفوع. وهكذا، تكون الفائدة الآلية ضعف الفائدة الآلية للبكرة الواحدة. لاحظ أنه في هذه الحالة حصلنا على قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن (٥٠ نيوتن + ٥٠ نيوتن) لرفع الصندوق وذلك بالتأثير في الحبل الحر بقوة مقدارها ٥٠ نيوتن فقط.



البكرة الواحدة تغير اتجاه القوة المبذولة

مجموعة البكرات تقلل القوة المبذولة، وبذلك تكون الفائدة الآلية أكبر من

من غير الممكن تقريباً منع سحب العصوين معاً

تجربة

ملاحظة الفائدة الآلية للبكرات

الخطوات

١. اربط حبلًا طوله ٣ أمتار في منتصف عصا مكسّسة أو وتد، وأمسك هذه العصا أفقيًا. اطلب إلى زميلك أن يمسك عصا أخرى أفقيًا. لف الحبل حول كلا العصوين أربع مرات مع المحافظة على مسافة بين العصوين مقدارها نصف متر.

٢. يسحب طالب ثالث الحبل بينما يحاول زميلاه إبقاء العصوين على البعد نفسه.

٣. لاحظ ما يحدث. كرر التجربة بلف الحبل لفتين ثم ثماني لفات.

التحليل

١. صف ما شاهدت. هل استطاع الطالبان الإبقاء على العصوين متباعدتين؟

٢. قارن النتائج في حالة لف الحبل لفتين ثم أربعًا، ثم ثماني لفات حول العصوين.

كلما زاد عدد لفات الحبل حول العصوين كان منع سحبهما معاً أصعب



الشكل ١٧ تصنف الرافعة (العتلة)

تبعاً لموضع كل من القوة المبدولة والقوة الناتجة ونقطة الارتكاز.

الرافعة (العتلة)

من المحتمل أن تكون الرافعة أول آلة بسيطة اخترعها الإنسان. و الرافعة قضيب أو لوح يركز على نقطة ثابتة تسمى نقطة الارتكاز. تعمل الروافع على زيادة القوة أو زيادة المسافة التي تؤثر خلالها القوة. وكما هو موضح في الشكل ١٧، فالروافع تنقسم إلى ثلاثة أنواع، بناءً على موضع تأثير القوة المبدولة، والقوة الناتجة، ونقطة الارتكاز. ففي النوع الأول تكون نقطة الارتكاز بين القوة المبدولة والقوة الناتجة، ويستعمل النوع الأول عادة لزيادة القوة، كما هو الحال في المفك المستخدم لرفع غطاء. أما إذا وقعت القوة الناتجة بين القوة المبدولة وبين نقطة الارتكاز- كما في عربة اليد- فتكون الرافعة من النوع الثاني، وتكون القوة الناتجة دائماً أكبر من القوة المبدولة. وفي النوع الثالث تكون القوة المبدولة بين نقطة الارتكاز والقوة الناتجة. والفائدة الآلية للنوع الثالث تكون دائماً أقل من واحد، ففي النوع الثالث تزيد المسافة التي تؤثر خلالها القوة، كما في الملقط.



الشكل ١٨ نصف قطر العجلة أكبر من نصف قطر المحور. ولذلك تكون الفائدة الآلية للعجلة والمحور أكبر من واحد.

العجلة والمحور حاول إدارة مقبض دائري من قاعدته الضيقة القريبة من الباب، ثم كرر المحاولة من رأسه العريض. ستجد أن إدارته من رأسه العريض أسهل. مقبض الباب مثال على العجلة والمحور. انظر الشكل ١٨. يتكون هذا النظام من جسمين مثبتين معاً ويدوران حول المحور نفسه. الجزء الأكبر يسمى العجلة بينما الأصغر يسمى المحور. تحسب الفائدة الآلية لهذا النظام بقسمة نصف قطر العجلة على نصف قطر المحور، وتكون دائماً أكبر من واحد.

ماذا قرأت؟ كيف تسهل كل من الرافعة، والبكرة، والعجلة والمحور، العمل؟

الرافعة: تضخم القوة المبذولة أو تزيد المسافة التي تؤثر خلالها القوة وهي في الحالتين تزيد من مقدار الشغل
البكرة: تغيير اتجاه القوة المبذولة ويمكن أن تزيدها
العجلة والمحور: تزيد من القوة المبذولة وتغير من اتجاهها أيضاً

اللازم بذله ثابت في الحالتين لذلك يلزمك التأثير بقوة أقل في حالة استخدام السطح المائل. تحسب الفائدة الآلية في هذه الحالة بقسمة طول السطح المائل على ارتفاعه. وكلما زاد طول السطح المائل قلت القوة التي نحتاج إليها لتحريك الجسم. ويعتقد علماء الآثار أن قدماء المصريين قد استعملوا السطوح المائلة لبناء الأهرامات.



الشكل ١٩ تحميل هذه العربة في الشاحنة أسهل باستعمال السطح المائل. وبالرغم من دفع العربة مسافة أطول فإنه يلزم قوة أقل.



هذه الأسنان لها شكل أسافين
لتمكن المفترسات من تمزيق
اللحوم.

الشكل ٢٠ لكل من آكلات الأعشاب وآكلات
اللحوم أسنان مختلفة.



أسنان آكلات الأعشاب مفلطحة
وتستخدم في الطحن.



الإسفين هو سطح مائل متحرك له
وجه واحد أو وجهان مائلان.
فأسنانك الأمامية أسافين. والإسفين
يغير اتجاه القوة المبذولة.

**فمثلاً عندما تدفع بأسنانك الأمامية في التفاحة تتغير قوة الدفع جانبياً
لتزيع قشرة التفاحة. وتعدّ السكاكين والفؤوس أسافين تستخدم للقطع.**

يبين الشكل ٢٠ أن أسنان آكلات اللحوم تتخذ شكل الأسافين أكثر مما هي
لدى آكلات الأعشاب؛ فأسنان آكلات اللحوم تقطع وتمزق اللحم، بينما آكلات
الأعشاب تعمل على طحن المادة النباتية. يستطيع العلماء تحديد ما كان يأكله
الحيوان المتحجر بفحص أسنانه. قال تعالى: ﴿إِنَّا كُلُّ شَيْءٍ خَلَقْتُهُ بِقَدَرٍ ۝﴾
القمر.

البرغي عند الصعود إلى قمة جبل عالٍ فإننا نسلك طريقاً ملتقىً حول الجبل؛
لأن هذا الطريق يكون أقل انحداراً من الطريق المستقيم الممتد رأسياً من أسفل
الجبل إلى قمته، مما يسهّل تسلّقه على الرغم من زيادة مقدار المسافة التي تقطعها
لصعوده، ويشبه هذا الطريق الجبلي البرغي. وهو عبارة عن سطح مائل تمثله حوز
أو انحناءات البرغي الملتفة حول عمود شبه أسطواني الشكل، مدب من أحد طرفيه
وعريض من الجهة الأخرى. والبرغي يغير اتجاه القوة المبذولة كما هو الحال في
الإسفين. فعند تدوير البرغي فإن أسنان البرغي تغير اتجاه القوة المبذولة بحيث
تدفع البرغي داخل المادة. والاحتكاك بين أسنان اللولب والمادة يثبت البرغي بقوة
في مكانه.



الشكل ٢١

لأن الاحتكاك يحول بعض الشغل المبذول إلى الحرارة ولا تشارك في إنجاز الشغل

العجلة والمحور هما في الواقع رافعة تدور ٣٦٠ درجة حول محور ثابت ويمكن أن تؤثر القوة المبذولة أو تتولد القوة الناتجة في أي نقطة على نصف قطر العجلة أو المحور

زيادة القوة المؤثرة وكذلك زيادة المسافة التي تؤثر خلالها وتغيير اتجاه القوة

الخلاصة

الشغل

• ينجز الشغل عندما يتحرك جسم في نفس

• يحسب الشغل باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{ش} = \text{ق} \times \text{ف}$$

الآلات البسيطة

• الآلة أداة تسهل العمل.

• هناك ستة أنواع من الآلات البسيطة، هي:

الذراع والساق وكلاهما من النوع الثالث للروافع

المعطيات:

المسافة: ف = ١٥٠ متر

الوزن (القوة): ق = ١٠٠٠٠ نيوتن

المطلوب: الشغل: ش = ؟ جول

طريقة الحل: بالتعويض في معادلة الشغل

$$\text{ش} = \text{ق} \times \text{ف} = ١٠٠٠٠ \times ١٥٠ = ١٥٠٠٠٠٠ \text{ جول}$$

تطبيق الرياضيات

٥. احسب الشغل اللازم لرفع حجر جيري يزن ١٠٠٠٠ نيوتن مسافة ١٥٠ متراً.

٦. احسب القوة المؤثرة اللازمة لرفع حجر وزنه ٢٥٠٠ نيوتن باستخدام نظام بكرات فائدته الآلية ١٠.

المعطيات:

الفائدة الآلية = ١٠

القوة الناتجة = ٢٥٠٠ نيوتن

المطلوب: القوة المؤثرة = ؟ نيوتن

طريقة الحل: باستخدام معادلة الفائدة الآلية يمكن

حساب القوة المؤثرة

الفائدة الآلية = القوة الناتجة / القوة المؤثرة

القوة المؤثرة = القوة الناتجة / الفائدة الآلية

$$\text{القوة المؤثرة} = ٢٥٠٠ / ١٠ = ٢٥٠ \text{ نيوتن}$$