الدَّرْسُ 1 الطّاقَةُ الْميكانيكِيَّةُ

الشُّغْلُ وَالطّاقَةُ

يَسْتَخْدِمُ الْإِنسانُ مَفْهومَ الشُّغْلِ دَلالَةً عَلى أَدائِهِ أَنْشِطَةً مُتَنَوِّعَةً، وَهُوَ يَسْتَمِدُّ الطّاقَةَ اللّازِمَةَ لِإِنْجازِ أَنْشِطَتِهِ مِنَ الْغِذاءِ الَّذي يَتَناوَلُهُ. وَالشُّغْلُ وَالطّاقَةُ مَفْهومانِ مُتَرابِطانِ، لَهُما في لُغَةِ الْعِلْمِ مَعانٍ مُحَدَّدَةٌ.

عِنْدَما أَدفَعُ سَيّارَةَ أَلْعابٍ يَجْلِسُ فيها أَخي، وَتَتَحَرَّكُ مَسافَةً بِاتِّجاهِ الْقُوَّةِ فَإِنَّ قُوَّةَ الدَّفْعِ تَبْذُلُ شُغْلًا عَلَى السَّيّارَةِ.

الفِكْرَةُ الرَّئيسَةُ:

حَوَّلُ الطّاقَةُ الْميكانيكِيَّةُ مِنْ شَكْلٍ آخَرَ، وَتَكونُ مَحْفوظَةً عِنْدَما لا رُ مِقْدارُها.

اهيمُ وَالْمُصْطَلَحاتُ:

شُغْلٌ	Work
اقَةُ	Energy
ةُ الْوَضْعِ النّاشِئَةُ عَنِ الْجاذِبِيَّةِ	Gravitational Potential Ene
الْوَضْعِ الْمُرونِيَّةُ	Elastic Potential Energy
الطّاقَةِ الْميكانيكِيَّةِ	Conservation of Mechanica

فْعِ شُغْلًا عَلَى السَّيّارَةِ سابِها طاقَةً حَرَكِيَّةً.

اتِّجاهُ الْحَرَكَةِ

يُحْسَبُ الشُّغْلُ (W) بِضَرْبِ الْقُوَّةِ (F) في الْمَسافَةِ (S)، وَيُمْكِنُ التَّعْبيرُ عَنِ الشُّغْلِ بِالرُّموزِ بِالْعَلاقَةِ الْآتِيَةِ:

$$W = F.S$$

عِنْدَما تُقاسُ الْقُوَّةُ بِوَحْدَةِ نيوتن (N) وَالْمَسافَةُ بِوَحْدَةِ الْمِتْرِ (m) تَكونُ وَحْدَةُ الشُّغْلِ (N.m) وَتُسَمَّى الْجول (J). فَإِذا أَثَّرَتْ قُوَّةٌ مِقْدارُها (5 N) في جِسْمٍ فَحَرَّكَتْهُ مَسافَةَ (2 m) بِاتِّجاهِها فَإِنَّ الشُّغْلَ الَّذي بَذَلَتْهُ الْقُوَّةُ عَلَى الْجِسْمِ يُحْسَبُ عَلى النَّحْوِ الْآتي:

$$W = 5 \times 2$$
$$= 10\ J$$

تعريف الشغل

يُعَدُّ **الشُّغْلُ** Work وَسيلَةً لِنَقْلِ الطّاقَةِ بَيْنَ الْأَجسامِ؛ فَالشُّغْلُ الْمَبذولُ عَلَى السَّيّارَةِ يَنْقُلُ إِلَيْها طاقَةً حَرَكِيَّةً، وَالسَّيّارَةُ الْمُتَحَرِّكَةُ يُمْكِنُها أَنْ تَدفَعَ جِسْمًا يَعتَرِضُ طَريقَها؛ أَيْ أَنَّ الطّاقَةَ الَّتي نُقِلَتْ إِلَيْها تُمَكِّنُها مِنْ بَذْلِ شُغْلٍ عَلى جِسْمٍ آخَرَ؛ لِذا تُعرَفُ **الطّاقَةُ** Energy بِأَنَّها الْمَقْدِرَةُ عَلى بَذْلِ الشُّغْلِ، وَتُقاسُ بِوَحْدَةِ قِياسِ الشُّغْلِ نَفْسِها، وَهِيَ الْجول.

✓ **أَتَحَقَّقُ**: كَيْفَ يُمْكِنُني نَقْلُ طاقَةٍ حَرَكِيَّةٍ إِلى جِسْمٍ ساكِنٍ؟

الطّاقَةُ الْميكانيكِيَّةُ وَتَحَوُّلاتُها

دَرَسْتُ، في صُفوفٍ سابِقَةٍ، الطّاقَةَ الْميكانيكِيَّةَ، وَيُقْصَدُ بِها مَجْموعُ طاقَةِ الْجِسْمِ الْحَرَكِيَّةِ وَطاقَةِ وَضْعِهِ.

تعريف الطاقة الحركية

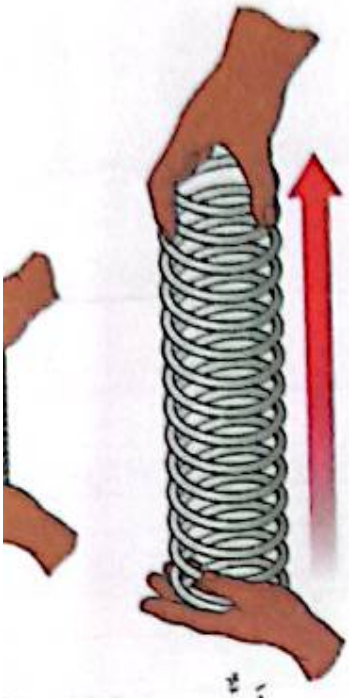
الطّاقَةُ الْحَرَكِيَّةُ هِيَ الطّاقَةُ الَّتي تَمْتَلِكُها الأَجسامُ الْمُتَحَرِّكَةُ، مِثْلُ الرِّياحِ وَالسَّيّاراتِ وَغَيْرِها. أَمّا طاقَةُ الْوَضْعِ فَهِيَ طاقَةٌ مُخْتَزَنَةٌ في الْجِسْمِ، لَها أَشْكالٌ مُخْتَلِفَةٌ، فَالطّاقَةُ الْمُخْتَزَنَةُ في الْجِسْمِ الْمُرتَفِعِ عَنْ سَطحِ الأَرضِ تُسَمّى **طاقَةَ الْوَضْعِ النّاشِئَةَ عَنِ الْجاذِبِيَّةِ الأَرْضِيَّةِ Gravitational Potential Energy**؛ لِأَنَّ الْجِسْمَ اكْتَسَبَها نَتيجَةَ وَضْعِهِ في مَكانٍ مُعَيَّنٍ نِسْبَةً إِلى سَطحِ الأَرضِ.

تعريف طاقة الوضع

تَخْتَزِنُ الأَجْسامُ الْمُرْتَفِعَةُ عَنْ سَطْحِ الأَرْضِ طاقَةَ وَضْعٍ ناشِئَةٍ عَنِ الْجاذِبِيَّةِ الأَرْضِيَّةِ.

وَأَمّـا الْأَجسـامُ الْمَرِنَـةُ، مِثْـلُ النّابِـضِ، فَتَخْتَـزِنُ طاقَةً عِنْدَ شَـدِّها أَوْ ضَغْطِها، تُسَـمّى طاقَةَ وَضْعٍ مُرونِيَّـةٍ Elastic Potential Energy.

يُمْكِـنُ أَنْ تَتَحَـوَّلَ الطّاقَـةُ الْميكانيكِيَّـةُ مِـنْ شَـكْلٍ إِلـى آخَـرَ، فَفـي أَثْنـاءِ سُـقوطِ كُـرَةٍ مِنَ السُّـكونِ مِنَ ارتِفـاعٍ مُعَيَّنٍ نَحْوَ سَـطْحِ الْأَرْضِ تَتَحَـوَّلُ طاقَـةُ الْوَضْـعِ الْمُخْتَزَنَـةُ فيهـا تَدريجِيًّا إِلـى طاقَـةٍ حَرَكِيَّـةٍ. وَيُمْكِـنُ أَنْ تَنْتَقِـلَ الطّاقَـةُ الْميكانيكِيَّـةُ مِـنْ جِسْـمٍ إِلـى آخَـرَ؛ فَمَثَـلًا، عِنْدَمـا أَضْغَـطُ بِقَدَمـي عَلى سَـطحِ الترامبولينِ الْمَـرِنِ فَـإِنَّ طاقَـةَ وَضْـعٍ مُرونِيَّـةٍ تُخْتَـزَنُ فيـهِ، وَعِنْدَمـا أَبْـدَأُ بِالْحَرَكَـةِ إِلَـى الْأَعْلـى تَتَحَـرَّرُ الطّاقَـةُ الْمُخْتَزَنَـةُ فِـي النّابِـضِ وَتَتَحَـوَّلُ إِلـى طاقَـةٍ حَرَكِيَّـةٍ تَنْتَقِلُ إِلـى جِسـمي، فَأَتَمَكَّنُ مِنَ الْقَفْـزِ عالِيًـا فِـي الْهَواءِ.



شَدٌّ

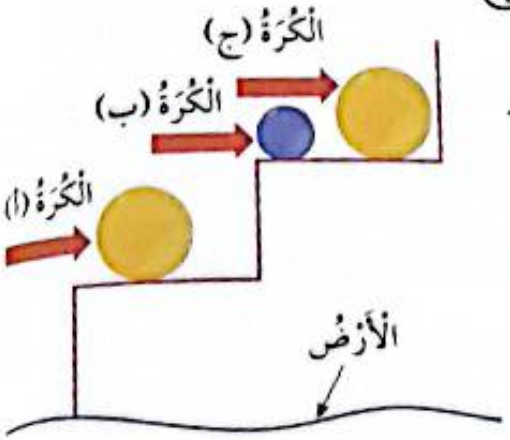
يَخْتَزِنُ النّابِضُ ط
شَدِّهِ أَوْ ضَ

✓ أَتَحَقَّقُ: ما أَوْجُهُ
بَيْنَ طاقَةِ الوَضْعِ ال
وَطاقَةِ الْوَضْعِ الْمُر

يَخْتَزِنُ سَطْحُ الترامبولينِ الْمَضْغ
فَإِذا تَحَرَّرَتِ اسْتَعادَ شَكْلَهُ الْأَص

الْعَوامِلُ الَّتي يَعتَمِدُ عَلَيْها مِقدارُ طاقَةِ الْوَضْعِ وَالطّاقَةِ الْحَرَكِيَّةِ

تَعتَمِدُ طاقَةُ الْوَضْعِ النّاشِئَةُ عَنِ الْجاذِبِيَّةِ ① على كُتْلَةِ الْجِسْمِ وَارْتِفاعِهِ الرَّأْسِيِّ ② عَنْ سَطْحِ الْأَرْضِ، وَتَزْدادُ بِازْدِيادِ أَيٍّ مِنْهُما؛ لِذا قَدْ تَخْتَزِنُ الْكُراتُ الْمُرْتَفِعَةُ عَنْ سَطْحِ الْأَرْضِ مَقاديرَ مُخْتَلِفَةً مِنَ الطّاقَةِ. أَمّا طاقَةُ الْوَضْعِ الْمُرونِيَّةُ فَتَزدادُ بِزِيادَةِ شَدِّ الْجِسْمِ ① الْمَرِنِ أَوْ ضَغْطِهِ، وَتَعتَمِدُ عَلى شَكْلِ الْجِسْمِ ② وَخَصائِصِهِ؛ فَالنَّوابِضُ وَالْأَرِبِطَةُ الْمَطّاطِيَّةُ تُصنَعُ بِأَشْكالٍ وَحُجومٍ مُخْتَلِفَةٍ لِتُلائِمَ الْغَرَضَ الَّذي صُمِّمَتْ مِنْ أَجْلِهِ.

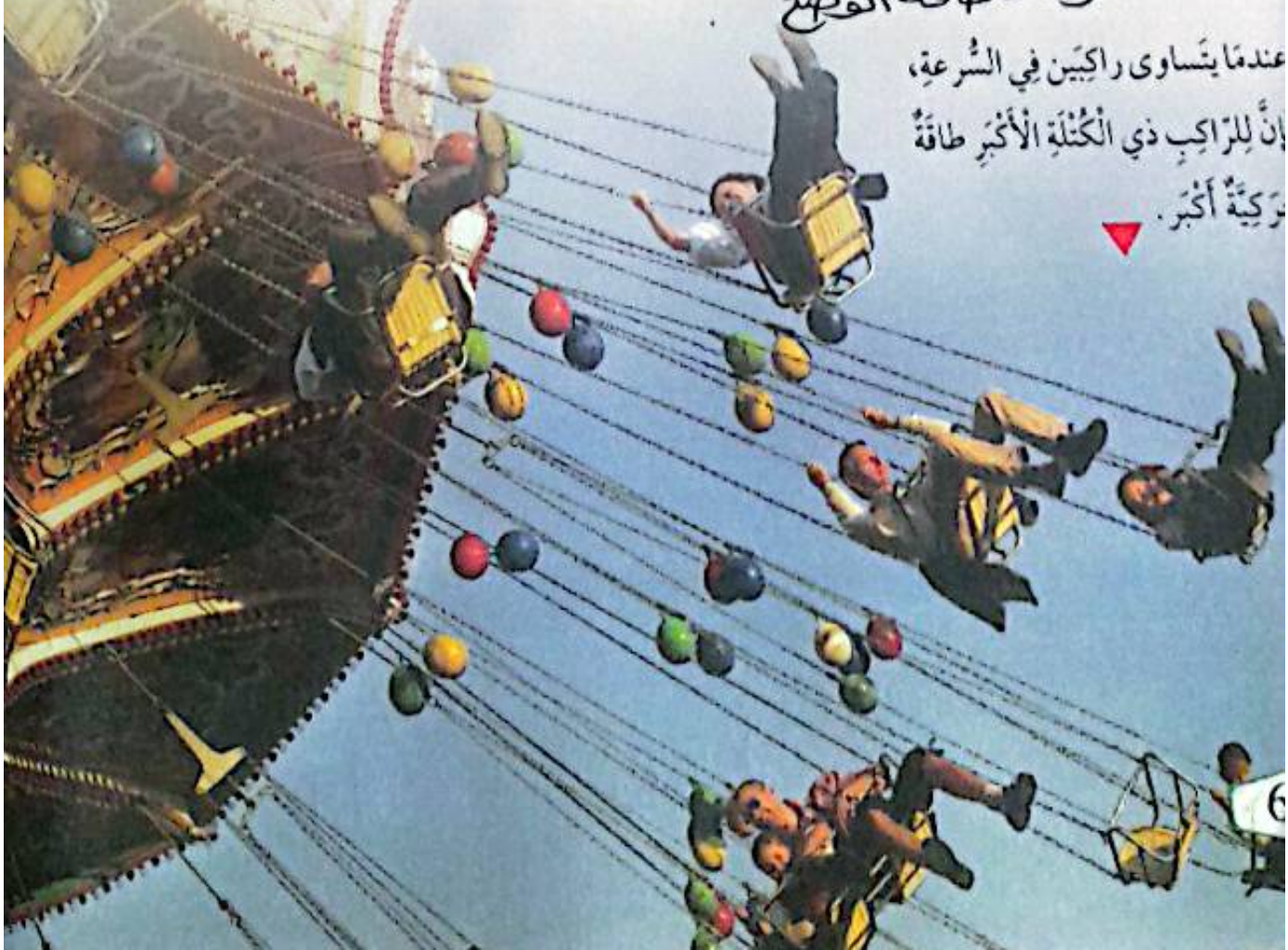


▲ لِلْكُرَةِ (ج) أَكْبَرُ كُتْلَةٍ وَأَكْبَرُ ارْتِفاعٍ؛ لِذا تَخْتَزِنُ أَكْبَرَ طاقَةِ وَضْعٍ.

أَمّا الطّاقَةُ الْحَرَكِيَّةُ فَتَعتَمِدُ عَلى كُتْلَةِ الْجِسْمِ ① وَسُرْعَتِهِ ②؛ إِذْ تَزْدادُ بِزِيادَةِ أَيٍّ مِنْهُما؛ فَمَثَلًا، في مَدينَةِ الْأَلْعابِ (الْمَلاهي) يَزْدادُ مِقْدارُ الطّاقَةِ الْحَرَكِيَّةِ الَّتي يَكْتَسِبُها جِسْمي بِزِيادَةِ سُرْعَةِ اللُّعْبَةِ، وَيَخْتَلِفُ مِقْدارُ طاقَتي الْحَرَكِيَّةِ عَنِ الطّاقَةِ الْحَرَكِيَّةِ لِلْجالِسينَ مَعي في الْعَرَبَةِ نَفْسِها بِسَبَبِ اخْتِلافِ كُتَلِنا.

✓ **أَتَحَقَّقُ**: ما أَثَرُ زِيادَةِ ارْتِفاعِ الْجِسْمِ عَنْ سَطْحِ الْأَرْضِ في طاقَةِ الْوَضْعِ الْمُخْتَزَنَةِ فيهِ؟

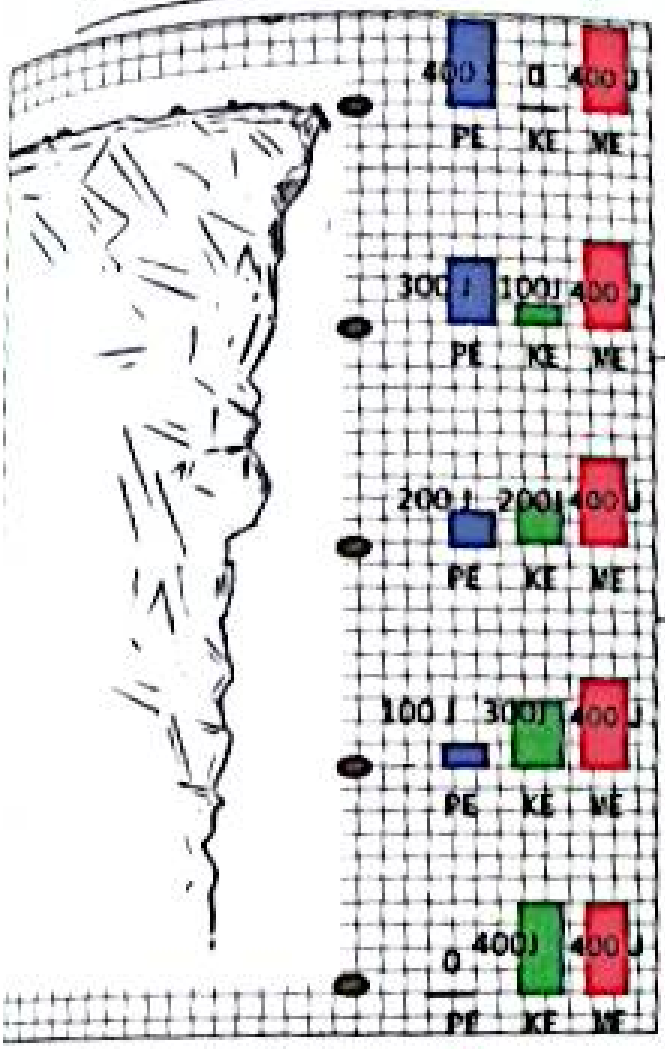
تزداد طاقة الوضع



عندَما يتَساوى راكِبَين في السُّرعةِ، إِنَّ لِلرّاكِبِ ذي الْكُتْلَةِ الْأَكْبَرِ طاقَةً حَرَكِيَّةً أَكْبَرَ. ▼

حِفْظُ الطّاقَةِ الْميكانيكيَّةِ

تُحسَبُ الطّاقَةُ الْميكانيكيَّةُ لِجسمٍ بِإيجادِ مَجموعِ طاقَتِهِ الْحَرَكيَّةِ وَطاقَةِ وَضعِهِ حيثُ يُرمَزُ لِلطّاقَةِ الْميكانيكيَّةِ بِالرَّمزِ (ME) وَلِطاقَةِ الْوَضعِ بِالرَّمزِ (PE) وَلِلطّاقَةِ الْحَرَكيَّةِ بِالرَّمزِ (KE). بِناءً عَلى ذلِكَ، تُحسَبُ الطّاقَةُ الْميكانيكيَّةُ بِالْعَلاقَةِ الْآتيَةِ: $ME = PE + KE$.



▲ حِفْظُ الطّاقَةِ الْميكانيكيَّةِ.

عِنْدَما يَتَحَرَّكُ جِسمٌ تَحتَ تأثيرِ قُوَّةِ الْجاذِبيَّةِ الْأَرضيَّةِ فَقَطْ، يَكونُ مِقدارُ طاقَتِهِ الْميكانيكيَّةِ مَحفوظًا.

فَمَثَلًا، يَتَناقَصُ مِقدارُ طاقَةِ الْوَضعِ الْمُختَزَنَةِ في الْكُرَةِ السّاقِطَةِ تَحتَ تأثيرِ قُوَّةِ الْجاذِبيَّةِ فَقَطْ، وَفي الْمُقابِلِ تَزدادُ طاقَتُها الْحَرَكيَّةُ. وَعِنْدَ حِسابِ الطّاقَةِ الْميكانيكيَّةِ لِلْكُرَةِ عِنْدَ مَواقِعَ مُختَلِفَةٍ تَبيَّنَ أَنَّ النُّقصانَ في طاقَةِ الْوَضعِ تُقابِلُهُ زِيادَةٌ مُساوِيَةٌ في الطّاقَةِ الْحَرَكيَّةِ، بِحَيثُ تَبقى الطّاقَةُ الْميكانيكيَّةُ ثابِتَةً.

يَصِفُ مَفهومُ **حِفْظِ الطّاقَةِ الْميكانيكيَّةِ**

Conservation of Mechanical Energy

الْحالَةَ الَّتي تَتَحَوَّلُ فيها الطّاقَةُ الْميكانيكيَّةُ مِنْ أَحَدِ شَكْلَيْها إِلى الْآخَرِ، مَعَ بَقاءِ الْمَجموعِ الْكُلِّيِّ لِلطّاقَةِ الْحَرَكيَّةِ وَطاقَةِ الْوَضعِ النّاشِئَةِ عَنِ الْجاذِبيَّةِ ثابِتًا.

✓ **أَتَحَقَّقُ**: كُرَةٌ تَسقُطُ نَحوَ الْأَرضِ. أَحسُبُ طاقَتَها الْميكانيكيَّةَ عِنْدَ نُقطَةٍ ما في مسارِها عندما تَكونُ طاقَتُها الْحَرَكيَّةُ (30 J) وَطاقَةُ وَضعِها (20 J).

PE KE

$ME = KE + PE$

$= 30 + 20$

$= 50\ J$