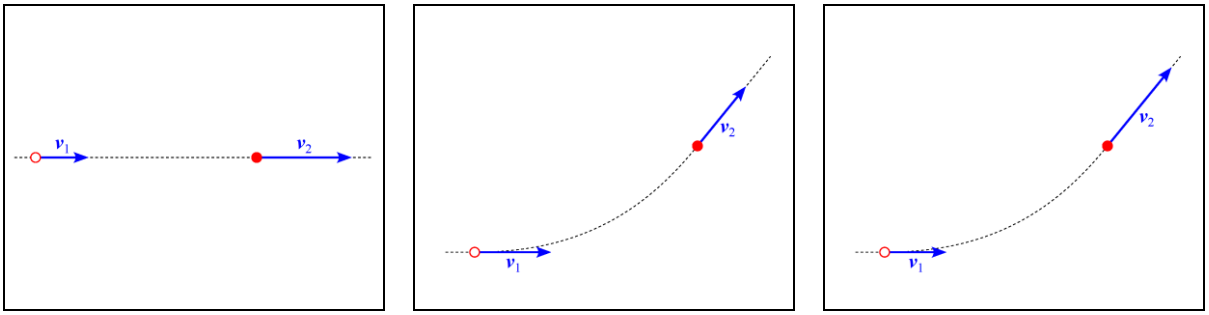
A változó mozgások. A gyorsulás

A sebesség című fejezetből tudjuk, hogy az olyan mozgásokat, amelyeknél a pillanatnyi sebesség nem állandó, változó sebességű mozgásoknak nevezzük. A sebességnek változhat a *nagysága*, illetve változhat az *iránya*, de az is lehetséges, hogy a sebesség *nagysága és iránya* egyszerre változik.



A továbbiakban itt, *a 7–8. évfolyamon csak olyan mozgásokat vizsgálunk részletesen, ahol csak a sebesség nagysága változik*. (Az olyan mozgásokat, amelynél a sebesség iránya is változik, a 9–12. évfolyamos részben tárgyaljuk.)

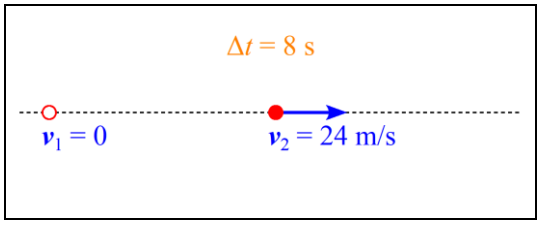
Tudjuk, hogy változó mozgásnak nevezzük a pontszerű test olyan mozgását, amelynél a sebesség nagysága változik. A változó mozgások két speciális esete a gyorsuló, illetve a lassuló mozgás.

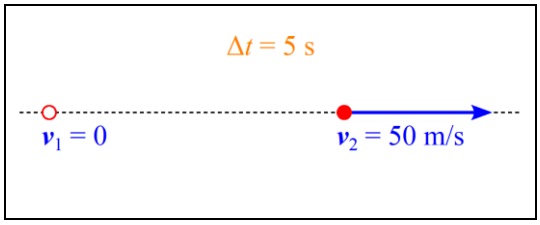
Gyorsuló mozgásnak nevezzük az olyan mozgást, amelynél a sebesség nagysága növekszik. Tapasztalatból tudjuk például, hogy a lejtőn (fékezés nélkül) lefelé haladó kerékpáros pillanatnyi sebessége folyamatosan növekszik, tehát mozgása gyorsuló mozgás. Ugyancsak gyorsuló a mozgása a gépkocsinak, amikor elhagyja a lakott területet, és felgyorsít az országúton engedélyezett sebességre.

Lassuló mozgásnak nevezzük az olyan mozgást, amelynél a sebesség nagysága csökken. A vízszintes padlón elgurított golyó sebessége folyamatosan csökken (és végül megáll), tehát mozgása lassuló mozgás. Ugyancsak lassuló a mozgása a gépkocsinak, amikor lakott területre érve lelassít az ott engedélyezett kisebb sebességre.

A testek sebessége azonban eltérő gyorsasággal változhat. Például ugyanannyi idő alatt a meredekebb lejtőn legördülő golyónak nagyobb mértékben nő a sebessége, mint az enyhébb lejtőn legördülőnek. Egy álló helyzetből induló átlagos személyautónak pedig több időre van szüksége a 100 km/h eléréséhez, mint egy versenyautónak.

Általában azonban sem a testek sebességváltozásai, sem a mozgásuk időtartamai nem ugyanakkorák. Ha például álló helyzetből indulva egy személyautó 8 másodperc alatt 24 m/s, egy versenyautó pedig 5 másodperc alatt 50 m/s sebességre gyorsul, akkor a sebességváltozás gyorsasága közvetlenül nem hasonlítható össze.





Az összehasonlításhoz először számítsuk ki, hogy mekkora volt az átlagos sebességváltozásuk ugyanannyi idő (például 1 másodperc) alatt! A számítások:

$$\frac{24\ \text{m/s}}{8} = 3\ \text{m/s},$$ illetve $$\frac{50\ \text{m/s}}{5} = 10\ \text{m/s}.$$

Megállapítható, hogy 1 másodperc alatt a személyautó sebességének változása átlagosan 3 m/s, a versenyautóé 10 m/s. Ezek alapján tehát látszik, hogy a versenyautó sebessége gyorsabban változott, mint a személyautóé.

Érdemes kiszámítani a sebességváltozás és a mozgás időtartamának a hányadosát is. A következő táblázat ezeket az értékeket tartalmazza.

	Δv (m/s)	Δt (s)	$\frac{\Delta v}{\Delta t}\left(\frac{\text{m/s}}{\text{s}}\right)$
Személyautó	24	8	3
Versenyautó	50	5	10

Megfigyelhető, hogy az így kapott hányadosok számértéke ugyanakkora, mint az előző számításokban kapott értékek. Ezek az adatok is azt jelzik tehát, hogy a versenyautó sebessége gyorsabban változott, mint a gépkocsié.

A fenti példa szerint a sebességváltozás és a közben eltelt időnek a hányadosa alkalmas a sebességváltozás gyorsaságának a jellemzésére. Ennek alapján: *A pillanatnyi sebesség megváltozásának és a közben eltelt időnek a hányadosaként értelmezett fizikai mennyiséget átlaggyorsulásnak nevezzük*. Jele (a latin eredetű akceleráció = gyorsulás szó alapján) $\bar{a}$ (kimondva: a-vonás, vagy a-átlag). Képlettel:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}\,. \qquad (1)$$

Az átlaggyorsulás SI-mértékegysége a sebességváltozás és az idő mértékegységének hányadosaként méter per másodperc a négyzeten, képlettel:

$$[\bar{a}] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}\cdot\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,,$$

Történt úgy is oszthatunk, hogy a nevezőt szorozzuk az osztóval.

azaz

$$[\bar{a}] = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Folyamatosan írt szövegben az átlaggyorsulás mértékegységét ferde törtvonallal, egy sorba is írhatjuk, azaz $[\bar{a}] = \mathrm{m/s^2}$.

A vektorok című fejezetben láttuk, hogy az olyan mennyiséget, amelynél a nagyság mellett az iránynak is szerepe van, vektormennyiségnek nevezzük. *Az átlaggyorsulás vektormennyiség, iránya mindig megegyezik a sebességváltozás irányával*. (A részletes magyarázat a 9–12. évfolyamos részben, *Az átlaggyorsulás és a pillanatnyi gyorsulás* című fejezetben olvasható.)

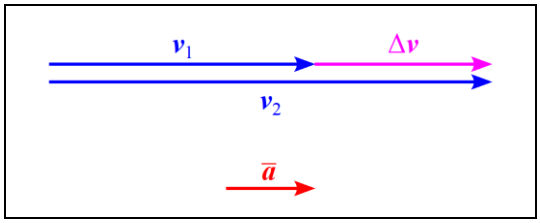
Például, ha egy autó egyenes pályán végig ugyanabba az irányba halad, és sebessége kezdetben $v_1 = 15\ \mathrm{m/s}$, majd 4 másodperccel később $v_2 = 25\ \mathrm{m/s}$, akkor az átlaggyorsulása:

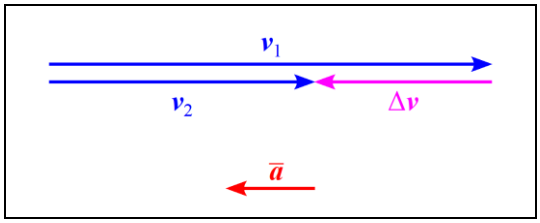
$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{4\ \mathrm{s}} = \frac{10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{4\ \mathrm{s}} = 2{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Ha azonban az autó kezdetben $v_1 = 25\ \mathrm{m/s}$, majd 4 másodperccel később $v_2 = 15\ \mathrm{m/s}$ sebességgel halad, akkor az átlaggyorsulása:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{4\ \mathrm{s}} = \frac{-10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{4\ \mathrm{s}} = -2{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

A következő rajzokon a kezdeti- és végsebességeket, a sebességváltozásokat és az átlaggyorsulásokat jelző vektorok láthatók.





Megfigyelhető, hogy a fenti két példában *az átlaggyorsulások nagysága ugyanakkora, de az irányuk egymáshoz képest ellentétes*:

- Az első esetben a sebesség növekszik, tehát a mozgás *gyorsuló mozgás.* Az átlaggyorsulás iránya ilyenkor megegyezik a kezdeti sebesség irányával.
- A második esetben az autó sebessége csökken, tehát a mozgás *lassuló mozgás*. Az átlaggyorsulás iránya ilyenkor ellentétes a kezdeti sebesség irányával.

Ha a test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, akkor a sebesség iránya és nagysága is állandó, így $v_1 = v_2$. Emiatt az átlaggyorsulás:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_2}{\Delta t} = \frac{0}{\Delta t} = 0.$$

Eszerint *az egyenes vonalú egyenletes mozgást végző test átlaggyorsulása mindig nulla*.

Az előző példák is alátámasztják, hogy *az átlaggyorsulás vektormennyiség és iránya mindig megegyezik a sebességváltozás irányával*. Ha hangsúlyozni szeretnénk az *átlaggyorsulás vektor jellegét*, akkor a jelét vastag betűvel írjuk: $\bar{\boldsymbol{a}}$. (Ha a vektor jelleget nem kívánjuk kiemelni, illetve csak az *átlaggyorsulás nagyságát* akarjuk jelölni, akkor a $\bar{a}$ jelet használjuk.)

Az átlaggyorsulás a vizsgált szakaszon jellemzi a mozgást, de a mozgás egyes részein a gyorsulás mértéke eltérő lehet. Például két állomás között egyenes pályán közlekedő vonat átlaggyorsulás nulla, hiszen a vonat sebessége mindkét állomáson ugyanakkora (nulla) volt. A vonat azonban indulásnál gyorsul ($\bar{a}_1$ pozitív), az út középső szakaszán egyenletesen mozog ($\bar{a}_2$ nulla), majd a következő állomás előtt lassul ($\bar{a}_3$ negatív).

Pontosabb képet kaphatunk a mozgásról, ha a mozgás időtartamát rövid szakaszokra osztjuk, és az ezekhez tartozó átlaggyorsulásokat vizsgáljuk. Például az előzőkben említett vonat mozgását osszuk fel 1 perces szakaszokra! Az ezekhez tartozó átlaggyorsulás-adatok már pontosabban jellemzik a mozgást. Elméletben pedig nincs

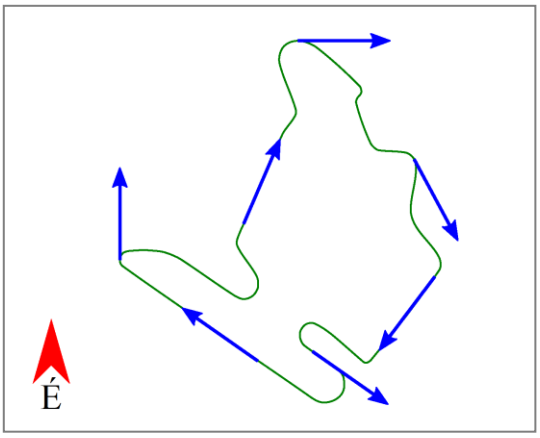
akadálya annak, hogy az 1 másodperces időtartamokhoz tartozó átlaggyorsulás-adatokkal, vagy ha szükséges, még rövidebb időtartamokhoz tartozó átlaggyorsulásokkal jellemezzük a vonat mozgását. A nagyon rövid időközökre vonatkozó átlaggyorsulás-adatokkal szinte pillanatonként nyomon követhető a mozgás.

Ezek alapján *pillanatnyi gyorsulásnak nevezzük az elképzelhető legrövidebb időtartamhoz tartozó átlaggyorsulást*. A pillanatnyi gyorsulás jele a, mértékegysége $\mathrm{m/s^2}$. A pillanatnyi gyorsulást röviden gyorsulásnak is nevezik. A pillanatnyi gyorsulás ugyancsak vektormennyiség.

A sebesség című fejezetben láttuk, hogy a pillanatnyi sebesség viszonylagos, ezért *az átlaggyorsulás és a pillanatnyi gyorsulás is függ a vonatkoztatási rendszer megválasztásától*. Például egy induló vonaton ülő utas gyorsul a földhöz viszonyítva, de nem gyorsul (sőt végig nyugalomban van) a vonathoz képest.

Kiegészítések

1. Előfordulhatnak olyan esetek is, hogy a test egyenletesen mozog, de a mozgás pályája nem egyenes. Ilyen mozgást végez például *A sebesség* című fejezetben látott gépkocsi is, amely úgy halad körbe a *Hungaroringen*, hogy sebességmérője állandóan azonos értéket mutat. Ilyen mozgásoknál is értelmezhető az átlaggyorsulás, illetve a pillanatnyi gyorsulás fogalma, de mint korábban említettük, ezekkel a mozgásokkal csak a 9–12. évfolyamos részben foglalkozunk.



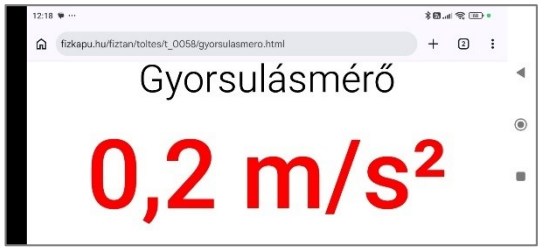
2. Tudjuk, hogy a sebesség vektormennyiség, ezért az átlaggyorsulást meghatározó képletet valójában vektori alakban,

$$\overline{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$$

formában kellett volna felírni. A matematikai ismeretek hiánya (vektor osztása skalárral) miatt azonban csak a skalár alakban felírt (1) képletet fogjuk használni. Ezzel összhangban a pillanatnyi gyorsulásvektor jele $\boldsymbol{a}$. A vektori alakban felírt képleteket

azonban csak a *9–12 évfolyamos részben* tárgyaljuk: például *Az átlaggyorsulás és a pillanatnyi gyorsulás* című fejezetben.

3. Vannak olyan okostelefonon futtatható programok, amelyek a készülékbe épített gyorsulásérzékelő adatai alapján a telefon gyorsulását számjegyekkel kiírva (azaz numerikusan) és/vagy grafikusan is meg tudják jeleníteni. Például a képen látható program nagy számjegyekkel írja ki a pillanatnyi gyorsulás nagyságát. A program *Gyorsulásmérő* címmel itt érhető el: https://www.fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0058/gyorsulasmero.html.

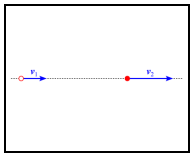
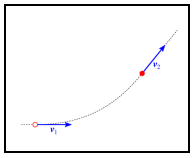
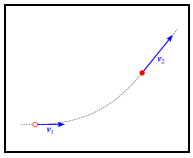
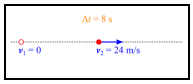
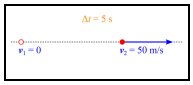
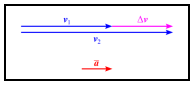
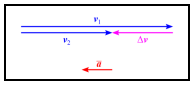
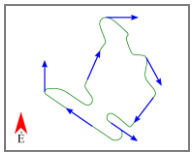


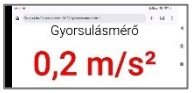
4. A mértékegységekre vonatkozó előírások alapján a sebesség mértékegységeként a km/h korlátlanul használható, annak ellenére, hogy nem SI-egység. A km/h egységből kiindulva azonban *gyorsulásegységként nem használhatók* a

$$\frac{\text{km}}{\text{h}^2} \qquad \text{vagy} \qquad \frac{\text{km/h}}{\text{s}}$$

mértékegységek. Ennek az az oka, hogy a bennük szereplő óra (h) nem SI-egység.

Képek jegyzéke

	**Változó sebességű mozgás (1.)** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a029.svg
	**Változó sebességű mozgás (2.)** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a030.svg
	**Változó sebességű mozgás (3.)** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a031.svg
	**Személygépkocsi átlaggyorsulása (vázlatrajz)** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a032.svg
	**Versenyautó átlaggyorsulása (vázlatrajz)** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a033.svg
	**A sebességváltozás és az átlaggyorsulás iránya gyorsuló mozgásnál** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a034.svg
	**A sebességváltozás és az átlaggyorsulás iránya lassuló mozgásnál** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a035.svg
	**Autó állandó nagyságú, változó irányú sebessége a Hungaroringen** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0039.svg

	**Gyorsulásmérő program képernyőképe** © http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0061.jpg *A program elérhetősége:* https://www.fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0058/gyorsulasmero.html.

Jelmagyarázat:

© **Jogvédett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A ***Wikimedia Commons***-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.