

A fizika feladatok tárgyköre, jellege nagyon különböző lehet, különbözőek a megoldás során alkalmazható fogások is. Mégis vannak olyan általános szempontok, amelyek figyelembevétele segítséget nyújthat a feladatok megoldásához, az eredmények értékeléséhez.

A legfontosabb ilyen szempont annak tudatosítása, hogy a fizika a természeti jelenségeket vizsgálja, és ennek megfelelően a legegyszerűbb fizika példa sem egy idealizált matematikai konstrukcióra, hanem a valóságra vonatkozik, egy természeti jelenség megmagyarázását, egy kísérleti eredmény értelmezését vagy valamilyen tervezési feladat elvégzését kéri tőlünk. Ennek megfelelően a megoldás minden lényeges pontján érdemes a kapott eredményeket a valósággal, tapasztalatainkkal összevetni, feltételezéseinket szükség esetén menet közben korrigálni.

A fizika példák megoldását célszerű öt lépésre tagolnunk. (Ld. az 1922. és az 1923. feladat megoldását!)

1. *A jelenség kvalitatív elemzése.*
2. *Modellalkotás.*
3. *A modell matematikai megfogalmazása.*
4. *A feladat matematikai megoldása.*
5. *Az eredmények matematikai diszkussziója és összevetése a tapasztalattal.*

A feladat jellegének megfelelően az egyes lépések több-kevesebb hangsúlyt kaphatnak, visszakanyarodások is lehetségesek. Most nézzük meg részletesebben, mire érdemes ügyelni az egyes lépések során.

### 1. *Kvalitatív elemzés*

Nagyon fontos, hogy megoldásunkat ne rögtön egyenletek felírásával kezdjük. Ha pl. egy test szabadesésére vonatkozó feladat megoldását azzal kezdjük, hogy „tudjuk, hogy szabadesésre  $s = (g/2) \cdot t^2$ ”, akkor később már valószínűleg nem merül föl, hogy számba vegyük a mozgást esetleg befolyásoló más kölcsönhatásokat. Pedig pl. egy esőcsepp „szabadesését” a felhőtől a felszínig aligha írhatjuk le megfelelően egyszerű szabadesést feltételezve. Fontos tehát, hogy ne tekintsük elvesztegetett időnek a jelenség alapos végiggondolását, a lényeges, kevésbé lényeges és feltehetően figyelmen kívül hagyható kölcsönhatások, körülmények kiválasztását. Ezt célszerű még addig megtenni, amíg figyelmünket nem kell a megoldás matematikai részleteire összpontosítani. Próbáljuk meg számolás nélkül kitalálni, hogy mi történik, gyakorlati tapasztalatok és hasonló feladatok eredménye alapján megbecsülni a feladat végeredményét. Nagyon tanulságos a megoldás végén összevetni a kapott eredményt a kvalitatív várakozással.

Minél összetettebb egy feladat, annál fontosabb a gondos kvalitatív leírás. A leírt megoldás is érthetőbb, ha néhány mondatos kvalitatív elemzéssel kezdődik.

### 2. *Modellalkotás*

A legegyszerűbbnek tűnő jelenségeket is rengeteg kölcsönhatás befolyásolja, számolásaink sohasem közvetlenül a valóságra, hanem annak egy matematikailag is kezelhető, egyszerűsített modelljére vonatkoznak. A megoldás talán legfontosabb pontja e modell felállítása, vagyis azon körülmények, kölcsönhatások kiválasztása, amelyeket – mint lényegeseket – megoldásunk során figyelembe veszünk. A modell felállítása során támaszkodunk a jelenség kvalitatív leírására, a legfontosabb kölcsönhatások kiválasztásához figyelembe vesszük az adatok nagyságrendjét.

A modell felállításkor két egymásnak ellentmondó szempontot kell érvényesíteni: minél pontosabb képet kívánunk kapni a valóságról, így minél több kölcsönhatást, minél pontosabban kívánunk figyelembe venni. Ugyanakkor a modell pontosítása megnehezíti a matematikai tárgyalást; haszontalan modellünket annyira elbonyolítani, hogy matematikailag tárgyalhatatlanná váljon. A legegyszerűbb kompromisszumot nem mindig sikerül egyből megtalálnunk. Ilyenkor a matematikai tárgyalás vagy a diszkusszió bármely pontjáról ismét visszatérhetünk a modell felállításához. Ha úgy érezzük, hogy a modell pontosítása nem vezet leküzdhetetlen bonyodalmakhoz, finomítsuk modellünket; ha viszont nem tudunk úrrá lenni a matematikai nehézségeken, alkalmazzunk további közelítéseket. Fontos, hogy mindig nagyon pontosan definiáljuk modellünket, a megoldás szövegéből is egyértelműen derüljön ki, hogy milyen tényezőket vettünk figyelembe és milyen elhanyagolásokat tettünk.

### 3. *A modell matematikai megfogalmazása*

Ha a modell felállításánál kellő gondot jártunk el, a matematikai leírás nem okozhat elvi problémákat. Könnyen előfordulhat azonban, hogy az egyenletek felírása során kénytelenek vagyunk közelítéseket tenni. Ilyenkor ne felejtünk el utánagondolni annak, hogy a közelítés fizikai modellünk szempontjából minek felel meg! Észrevehetünk olyan általánosítási, pontosítási lehetőségeket, amelyek nem vezetnek a számolás túlzott elbonyolodásához. Sok esetben ezeket is célszerű azonnal beépíteni, máskor a diszkusszió során érdemes rájuk visszatérni.

### 4. *A feladat matematikai megoldása*

A felírt egyenletek megoldása során felmerülő problémák jelentős része matematikai természetű; ezekkel itt nem foglalkozunk. Fizikai szempontból is érdemes azonban felhívni a figyelmet néhány kérdésre: Törekedjünk a feladatok algebrai megoldására, a számértékeket csak a megoldás végén helyettesítsük be! Ha paraméteresen számolunk,

eredményünket matematikailag is vizsgálhatjuk. Ekkor azt is láthatjuk, hogy végeredményünk hogyan függ a feladatban szereplő egyes mennyiségektől. (Így a számolási hibákat is észrevehetjük.) Ha lehetséges, grafikusán is ábrázoljuk eredményeinket.

Nagyon fontos, hogy a feladat megoldásának mindig legyen végeredménye. Egy olyan megoldás, amely pontos, de megoldhatatlan (vagy egyszerűen megoldatlan) egyenletrendszerrel fejeződik be, nem teszi lehetővé a valósággal történő egybevetést. Ha matematikai bonyodalmak miatt nem sikerül megoldani egyenleteinket, tegyünk közelítő feltevéseket. A legdurvább elhanyagolások után kapott becslés is jobb a nem megoldott egyenleteknél. Az általános egyenleteket se dobjuk el, lehet, hogy később még érdemes rájuk visszatérni. Ne legyünk lusták elvégezni a számolás unalmasabb részeit, végeredmény nélkül diszkutálni sem lehet a feladatot!

Ne adjuk meg a feladatok végeredményét irreálisan sok jegy pontossággal! Végeredményünk pontatlansága nem lehet kisebb a felhasznált adatoknál, a figyelmen kívül hagyott zavaró körülmények hatásánál. Legyünk konzisztensek: ha egyszer adatainkat kerekítettük, azonos mértékű kerekítést használjunk mindenütt. (Ha pl.  $g = 10 \text{ m/s}^2$  értékkel számolunk, 2%-nál nagyobb pontossággal nem adhatjuk meg az eredményt.) Az ésszerű számolási pontosság kiválasztásához jó támpontot nyújthat az is, hogy milyen pontossággal vehető össze eredményünk a valósággal, vagyis a kérdéses mennyiség mekkora hibával mérhető.

## 5. *Diszkusszió*

Eredményeinket először is matematikailag kell taglalnunk, azonban a matematikai jellegzetességek fizikai jelentését is meg kell állapítanunk. Különösen az értelmezési tartomány, a nulla helyek és a szélsőértékek vizsgálata lehet fontos. Sokat segít a taglalásban az eredmények grafikus ábrázolása.

Vessük össze a kapott eredményeket a valósággal és a kvalitatív várakozásainkkal! A várakozástól nagyon eltérő eredmény mögött számolási hiba, nem megfelelő modell is állhat, de az is előfordulhat, hogy a vizsgált jelenség valójában várakozásunktól lényegesen eltérő módon játszódik le.

Taglalnunk kell a modellalkotás során elhanyagolt, de esetleg fontossá váló zavaró körülmények hatását; ha lehetséges, célszerű az elkövetett hibát számszerűen is megbecsülni. Előfordulhat, hogy itt állapítjuk meg, az alkalmazott közelítések egy része nem megengedhető. Ilyenkor finomítanunk kell a modellt.

*Összefoglalva:* a feladatmegoldás célja egy olyan modell megkeresése és vizsgálata, amely a valóság lehető leghűbb képét adja, de még matematikailag is kezelhető. Sajnos kevés az olyan feladat, amelynek megoldásához a teljes fent vázolt programon végig kell haladnunk. Gyakran a modellalkotás izgalmas lépését a feladat kitűzői végzik el, a megoldótól csak a modell matematikai vizsgálatát várják. Érdekesebbé, „fizikaiabbá” teszi a megoldó a munkáját, ha ilyenkor is megpróbálja kideríteni a modell mögött rejlő reális jelenséget, és összeveti eredményeit a tapasztalattal.