

Fizika

Szabó István PhD

PTE MIK 2019.

A fizika tárgya

A természettudományok egyik ága

Alapkérdése: **Hogyan működik az univerzum?**

Alapvető fogalmai: tér, idő, anyag, mező, energia, gravitáció.

A klasszikus fizika

- **Mechanika**
- Termodinamika
- Elektrodinamika
- Optika
- Relativitáselmélet

A klasszikus fizika

- Mechanika
- **Termodinamika**
- Elektrodinamika
- Optika
- Relativitáselmélet

A klasszikus fizika

- Mechanika
- Termodinamika
- **Elektrodinamika**
- Optika
- Relativitáselmélet

A klasszikus fizika

- Mechanika
- Termodinamika
- Elektrodinamika
- **Optika**
- Relativitáselmélet

A klasszikus fizika

- Mechanika
- Termodinamika
- Elektrodinamika
- Optika
- **Relativitáselmélet**

A klasszikus fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- **Háromtest probléma (mechanika)**
- Mach-elv (mechanika)
- A turbulens áramlás (áramlástan)
- Ergodikus hipotézis (statisztikus termodinamika)
- Ponttöltés sugárzási visszahatása (elektrodinamika)

A klasszikus fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Háromtest probléma (mechanika)
- Mach-elv (mechanika)
- A turbulens áramlás (áramlástan)
- Ergodikus hipotézis (statisztikus termodinamika)
- Ponttöltés sugárzási visszahatása (elektrodinamika)

A klasszikus fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Háromtest probléma (mechanika)
- Mach-elv (mechanika)
- **A turbulens áramlás (áramlástan)**
- Ergodikus hipotézis (statisztikus termodinamika)
- Ponttöltés sugárzási visszahatása (elektrodinamika)

A klasszikus fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Háromtest probléma (mechanika)
- Mach-elv (mechanika)
- A turbulens áramlás (áramlástan)
- **Ergodikus hipotézis (statisztikus termodinamika)**
- Ponttöltés sugárzási visszahatása (elektrodinamika)

A klasszikus fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Háromtest probléma (mechanika)
- Mach-elv (mechanika)
- A turbulens áramlás (áramlástan)
- Ergodikus hipotézis (statisztikus termodinamika)
- Ponttöltés sugárzási visszahatása (elektrodinamika)

A kvantumfizika

- **Kvantummechanika (atomi elektron állapota)**
- Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)
- Spektroszkópia (színképelemzés)
- Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)
- Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)

A kvantumfizika

- Kvantummechanika (atomi elektron állapota)
- **Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)**
- Spektroszkópia (színképelemzés)
- Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)
- Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)

A kvantumfizika

- Kvantummechanika (atomi elektron állapota)
- Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)
- **Spektroszkópia (színképelemzés)**
- Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)
- Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)

A kvantumfizika

- Kvantummechanika (atomi elektron állapota)
- Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)
- Spektroszkópia (színképelemzés)
- **Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)**
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)
- Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)

A kvantumfizika

- Kvantummechanika (atomi elektron állapota)
- Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)
- Spektroszkópia (színképelemzés)
- Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)
- Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)

A kvantumfizika

- Kvantummechanika (atomi elektron állapota)
- Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)
- Spektroszkópia (színképelemzés)
- Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- **Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)**
- Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)

A kvantumfizika

- Kvantummechanika (atomi elektron állapota)
- Kvantumelektrodinamika/Kvantumoptika (fotonok)
- Spektroszkópia (színképelemzés)
- Lézerfizika (intenzitás növelés, imp. idő csökkentés , hullámhossz csökkentés)
- Szilárdtestfizika (kristályok mechanikai, termodinamikai, elektromos, optikai tul.)
- Plazmafizika (magas hőmérsékletű ionizált gázok)
- **Részecskefizika (kvarkok, leptonok, neutrínók)**

Modern fizika

- **Relativitáselmélet (speciális, általános)**
- Káosz-elmélet (egyszerű rendszerek bonyolult viselkedése)
- Kriogenika (gázcseppfolyósítás (1K) , demagnetizáció ($1\mu\text{K}$), lézeres hűtés (1nK))
- Héjfizika (elektronhéj)
- Magfizika (atommag fizika)

Modern fizika

- Relativitáselmélet (speciális, általános)
- **Káosz-elmélet (egyszerű rendszerek bonyolult viselkedése)**
- Kriogenika (gázcseppfolyósítás (1K) , demagnetizáció ($1\mu\text{K}$), lézeres hűtés (1nK))
- Héjfizika (elektronhéj)
- Magfizika (atommag fizika)

Modern fizika

- Relativitáselmélet (speciális, általános)
- Káosz-elmélet (egyszerű rendszerek bonyolult viselkedése)
- Kriogenika (gázcseppfolyósítás (1K) , demagnetizáció ($1\mu\text{K}$), lézeres hűtés (1nK))
- Héjfizika (elektronhéj)
- Magfizika (atommag fizika)

Modern fizika

- Relativitáselmélet (speciális, általános)
- Káosz-elmélet (egyszerű rendszerek bonyolult viselkedése)
- Kriogenika (gázcseppfolyósítás (1K) , demagnetizáció ($1\mu\text{K}$), lézeres hűtés (1nK))
- **Héjfizika (elektronhéj)**
- Magfizika (atommag fizika)

Modern fizika

- Relativitáselmélet (speciális, általános)
- Káosz-elmélet (egyszerű rendszerek bonyolult viselkedése)
- Kriogenika (gázcseppfolyósítás (1K) , demagnetizáció ($1\mu\text{K}$), lézeres hűtés (1nK))
- Héjfizika (elektronhéj)
- **Magfizika (atommag fizika)**

A modern fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- **Kvantumgravitáció**
- Az elektron szerkezete
- Mágneses monopólus
- Sötét anyag/sötét energia
- MOND
- Kvantumszámítógép

A modern fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Kvantumgravitáció
- **Az elektron szerkezete**
- Mágneses monopólus
- Sötét anyag/sötét energia
- MOND
- Kvantumszámítógép

A modern fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Kvantumgravitáció
- Az elektron szerkezete
- **Mágneses monopólus**
- Sötét anyag/sötét energia
- MOND
- Kvantumszámítógép

A modern fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Kvantumgravitáció
- Az elektron szerkezete
- Mágneses monopólus
- **Sötét anyag/sötét energia**
- MOND
- Kvantumszámítógép

A modern fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Kvantumgravitáció
- Az elektron szerkezete
- Mágneses monopólus
- Sötét anyag/sötét energia
- **MOND**
- Kvantumszámítógép

A modern fizika néhány nagy megoldatlan problémája

- Kvantumgravitáció
- Az elektron szerkezete
- Mágneses monopólus
- Sötét anyag/sötét energia
- MOND
- **Kvantumszámítógép**

A fizika határterületei

- **Matematikai fizika**
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- Elektronika
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- Biofizika
- Geofizika
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- **Finommechanika**
- Anyagtudomány
- Elektronika
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- Biofizika
- Geofizika
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- **Anyagtudomány**
- Elektronika
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- Biofizika
- Geofizika
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- **Elektronika**
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- Biofizika
- Geofizika
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- Elektronika
- **Asztrofizika**
- Fizikai kémia
- Biofizika
- Geofizika
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- Elektronika
- Asztrofizika
- **Fizikai kémia**
- Biofizika
- Geofizika
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- Elektronika
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- **Biofizika**
- Geofizika
- Horológia

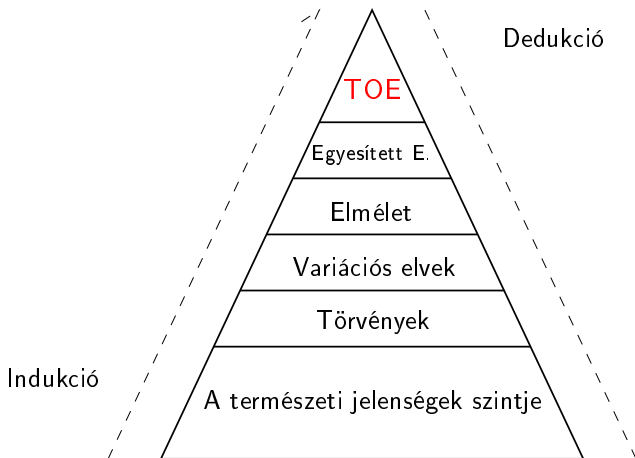
A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- Elektronika
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- Biofizika
- **Geofizika**
- Horológia

A fizika határterületei

- Matematikai fizika
- Finommechanika
- Anyagtudomány
- Elektronika
- Asztrofizika
- Fizikai kémia
- Biofizika
- Geofizika
- **Horológia**

A fizika „kristálypalotája”



A legelső szint



Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- Kő, dárda röppályája (görbe)
- Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)
- Tűz, villám, mennydörgés
- Bronz, vas, acél
- Festékek (barlangrajzok)

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- Kő, dárda röppályája (görbe)
- Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)
- Tűz, villám, mennydörgés
- Bronz, vas, acél
- Festékek (barlangrajzok)

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- **Kő, dárda röppályája (görbe)**
- Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)
- Tűz, villám, mennydörgés
- Bronz, vas, acél
- Festékek (barlangrajzok)

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- Kő, dárda röppályája (görbe)
- **Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)**
- Tűz, villám, mennydörgés
- Bronz, vas, acél
- Festékek (barlangrajzok)

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- Kő, dárda röppályája (görbe)
- Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)
- **Tűz, villám, mennydörgés**
- Bronz, vas, acél
- Festékek (barlangrajzok)

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- Kő, dárda röppályája (görbe)
- Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)
- Tűz, villám, mennydörgés
- **Bronz, vas, acél**
- Festékek (barlangrajzok)

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek

Természeti jelenségek:

- Égitestek mozgása (időmérés)
- Folyadékok áramlása (hullámok, örvények)
- Kő, dárda röppályája (görbe)
- Fénytörés (halászat), polarizáció („Napkő”)
- Tűz, villám, mennydörgés
- Bronz, vas, acél
- **Festékek (barlangrajzok)**

Első modellek: szám fogalom, rajz (festmény)

Jelenségek



Felosztás

- **Modell:** Bizonyos tulajdonságok elhagyása, más tulajdonságok kiemelése (körvonal).
- **Szám:** Csaknem minden tulajdonságától megfosztjuk az objektumot. Csak annyi tulajdonságot hagyunk meg, hogy létezik!
- **Fizikai modell:** fizikai mennyiségeket matematikai összefüggésekkel adunk meg.
- **Fizikai mennyiség:** mérőszám plusz mértékegység

Felosztás

- Modell: Bizonyos tulajdonságok elhagyása, más tulajdonságok kiemelése (körvonal).
- Szám: Csaknem minden tulajdonságától megfosztjuk az objektumot. Csak annyi tulajdonságot hagyunk meg, hogy létezik!
- Fizikai modell: fizikai mennyiségeket matematikai összefüggésekkel adunk meg.
- Fizikai mennyiség: mérőszám plusz mértékegység

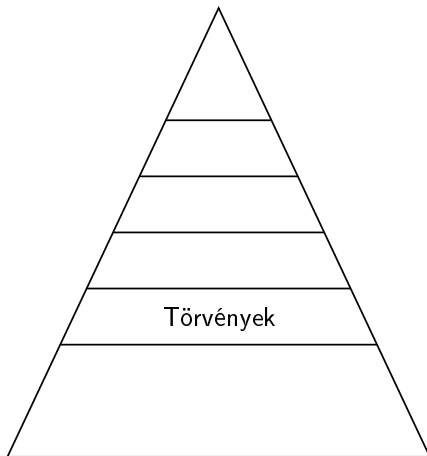
Felosztás

- Modell: Bizonyos tulajdonságok elhagyása, más tulajdonságok kiemelése (körvonal).
- Szám: Csaknem minden tulajdonságától megfosztjuk az objektumot. Csak annyi tulajdonságot hagyunk meg, hogy létezik!
- Fizikai modell: fizikai mennyiségeket matematikai összefüggésekkel adunk meg.
- Fizikai mennyiség: mérőszám plusz mértékegység

Felosztás

- Modell: Bizonyos tulajdonságok elhagyása, más tulajdonságok kiemelése (körvonal).
- Szám: Csaknem minden tulajdonságától megfosztjuk az objektumot. Csak annyi tulajdonságot hagyunk meg, hogy létezik!
- Fizikai modell: fizikai mennyiségeket matematikai összefüggésekkel adunk meg.
- **Fizikai mennyiség: mérőszám plusz mértékegység**

Törvények



Törvények

Törvény: A fizikai mennyiségek közötti kapcsolatot egyenlőség vagy kisebb-nagyobb reláció formájában határozzuk meg:

$$S(t) = \frac{g}{2}t^2 \quad \text{Galilei féle négyzetes úttörvény}$$

$$F = ma \quad \text{Newton II.}$$

$$U \leq TdS - PdV + \mu dn \quad \text{Termo. I.+II.}$$

$$\Delta p \Delta x \geq \hbar \quad \text{Heisenberg féle hat.rel}$$

Törvények

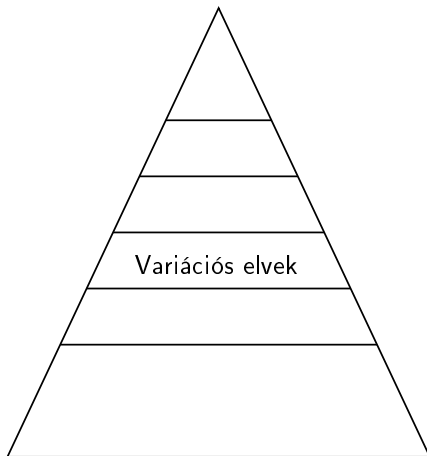
Negatív állítások: Valaminek a lehetetlenségét jelentjük ki.

- Tömeggel rendelkező objektum nem gyorsítható a fény sebességére.
- Az abszolút nulla kelvin megközelíthető, de el nem érhető.
- Zárt termodinamikai rendszer entrópiája nem csökkenhet.

A fizikai mennyiségek közötti kapcsolat megállapításának legfontosabb módja a **MÉRÉS!**

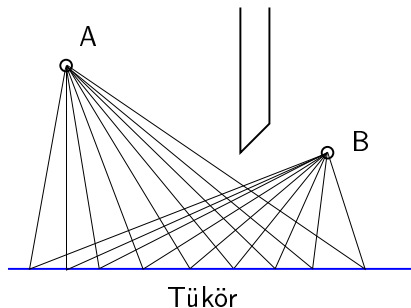
Másik mód a dedukció!

Variációs elvek

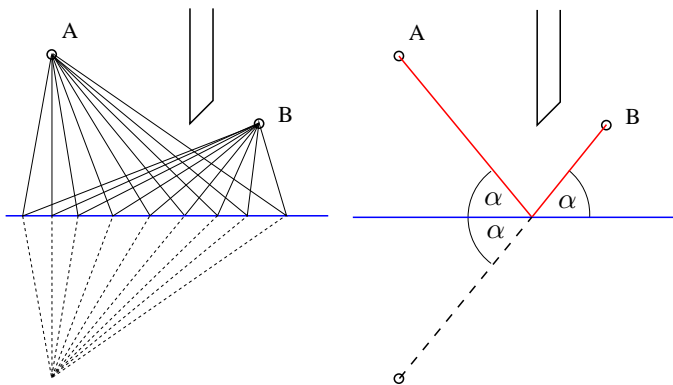


Variációs elvek

Fermat-elv: A fény A pontból B pontba úgy terjed, hogy az út megtételéhez szükséges idő minimális legyen.



Variációs elvek



Variációs elvek

Legkisebb-hatás elve, minimális entrópiaprodukció elve, Fermat-elv. A variációs elvek megadják az adott tudományterület legfontosabb differenciálegyenleteit. A differenciálegyenletekben valamilyen fizikai mennyiség deriváltja (változási gyorsasága) szerepel. **Az idő szerinti deriválást a mennyiség fölé tett ponttal jelöljük.** Két pont a változás változását jelenti.

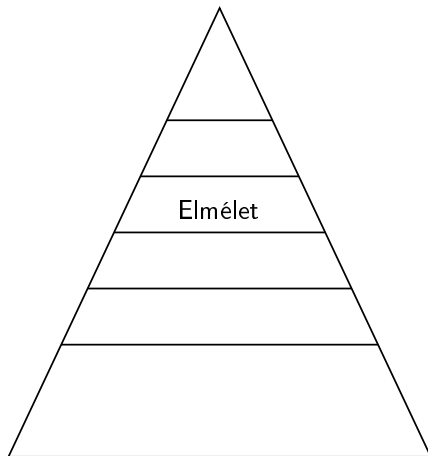
$$\sum F = \dot{\mathbf{p}} \quad \text{A dinamika alapegyenlete}$$

$$(\dot{\mathbf{p}} = \dot{m}\mathbf{v} + m\dot{\mathbf{r}})$$

$$j_Q = -\kappa \frac{dT(x)}{dx} \quad \text{Hővezetés egydimenzióban}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{B}} \quad \text{Faraday-féle indukció törvény}$$

Elmélet



Elmélet

Egy fizikai elmélet alapfeltevésekből és törvényekből épül fel. Pl. a newtoni gravitáció alapfeltevése: **a gravitáció erő!**

A newtoni elmélet keretein belül **nem magyarázható jelenség:**

Merkúr perihélium elfordulása. A „régí elmélet” csődöt mond, az új elmélet működésbe lép! A perihélium elfordulás harmonikusan illeszkedik az einsteini gravitációs elméletbe, melynek alapfeltevése: **a gravitáció nem erő!**

A régi (newtoni) elmélet érvényességi köre szűkül, de azon belül legitimitása megmarad! Nagyon ritkán az egész elméletet elvetik (hőanyagelmélet).

Elmélet

Egy új elmélettel szemben támasztott Követelmények:

- 1) Az elmélet alapfeltevései és törvényei magyarázzák meg az eddig megfigyelt, mért jelenségeket!
- 2) Magyarázza meg az új jelenség(ek)et!
- 3) Új jelenség(ek) megjósolása (Prediktív erő)! (Gravitációs hullámok)
- 4) Falszifikálhatóság (Karl Popper)!

Elmélet

Egy új elmélettel szemben támasztott Követelmények:

- 1) Az elmélet alapfeltevései és törvényei magyarázzák meg az eddig megfigyelt, mért jelenségeket!
- 2) **Magyarázza meg az új jelenség(ek)et!**
- 3) Új jelenség(ek) megjósolása (Prediktív erő)! (Gravitációs hullámok)
- 4) Falszifikálhatóság (Karl Popper)!

Elmélet

Egy új elmélettel szemben támasztott Követelmények:

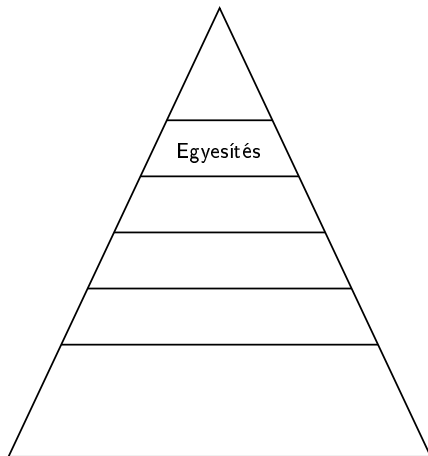
- 1) Az elmélet alapfeltevései és törvényei magyarázzák meg az eddig megfigyelt, mért jelenségeket!
- 2) Magyarázza meg az új jelenség(ek)et!
- 3) Új jelenség(ek) megjósolása (Prediktív erő)! (Gravitációs hullámok)
- 4) Falszifikálhatóság (Karl Popper)!

Elmélet

Egy új elmélettel szemben támasztott Követelmények:

- 1) Az elmélet alapfeltevései és törvényei magyarázzák meg az eddig megfigyelt, mért jelenségeket!
- 2) Magyarázza meg az új jelenség(ek)et!
- 3) Új jelenség(ek) megjósolása (Prediktív erő)! (Gravitációs hullámok)
- 4) Falszifikálhatóság (Karl Popper)!

Egyesített elmélet



Bevezetés

A fizikában négy ún. alapvető kölcsönhatást különböztetünk meg.

- Gravitációs (univerzum)
 - univerzális, végtelen hatótávolságú, rendkívül gyenge (1)
- Elektromágneses (izommozgás, anyag stabilitása)
 - szelektív, végtelen hatótávolságú, intenzív (10^{35})
- Erős (atommag stabilitása)
 - szelektív, rövid hatótávolságú (fm), nagyon intenzív (10^{38})
- Gyenge (β -bomlás)
 - szelektív, igen rövid hatótávolságú (0.01 fm), intenzív (10^{24})

Bevezetés

A fizikában négy ún. alapvető kölcsönhatást különböztetünk meg.

- Gravitációs (univerzum)
 - univerzális, végtelen hatótávolságú, rendkívül gyenge (1)
- Elektromágneses (izommozgás, anyag stabilitása)
 - szelektív, végtelen hatótávolságú, intenzív (10^{35})
- Erős (atommag stabilitása)
 - szelektív, rövid hatótávolságú (fm), nagyon intenzív (10^{38})
- Gyenge (β -bomlás)
 - szelektív, igen rövid hatótávolságú (0.01 fm), intenzív (10^{24})

Bevezetés

A fizikában négy ún. alapvető kölcsönhatást különböztetünk meg.

- Gravitációs (univerzum)
 - univerzális, végtelen hatótávolságú, rendkívül gyenge (1)
- Elektromágneses (izommozgás, anyag stabilitása)
 - szelektív, végtelen hatótávolságú, intenzív (10^{35})
- Erős (atommag stabilitása)
 - szelektív, rövid hatótávolságú (fm), nagyon intenzív (10^{38})
- Gyenge (β -bomlás)
 - szelektív, igen rövid hatótávolságú (0.01 fm), intenzív (10^{24})

Bevezetés

A fizikában négy ún. alapvető kölcsönhatást különböztetünk meg.

- Gravitációs (**univerzum**)
 - univerzális, végtelen hatótávolságú, rendkívül gyenge (1)
- Elektromágneses (**izommozgás, anyag stabilitása**)
 - szelektív, végtelen hatótávolságú, intenzív (10^{35})
- Erős (**atommag stabilitása**)
 - szelektív, rövid hatótávolságú (fm), nagyon intenzív (10^{38})
- Gyenge (**β -bomlás**)
 - szelektív, igen rövid hatótávolságú (0.01 fm), intenzív (10^{24})

Egyesített elmélet

- (1870) Elektromosság egyesítése a mágnességgel (elektromágnesség)
- (1960) A gyenge kölcsönhatás egyesítése az elektromágneses kölcsönhatással (ún. Standard Modell)
- (1990) Húrelmélet. Óriási várakozásokból súlyos problémák és viták!

Kvantumgravitáció?

A klasszikus mechanika felosztása

- **Kinematika**
- Kinetika (dinamika, statika)
- Merev testek forgása
- Rezgések és hullámok (lengéstan)
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- Rugalmasságtan
- Akusztika (hangtan)

A klasszikus mechanika felosztása

- Kinematika
- Kinetika (dinamika, statika)
- Merev testek forgása
- Rezgések és hullámok (lengéstan)
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- Rugalmasságtan
- Akusztika (hangtan)

A klasszikus mechanika felosztása

- Kinematika
- Kinetika (dinamika, statika)
- **Merev testek forgása**
- Rezgések és hullámok (lengéstan)
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- Rugalmasságtan
- Akusztika (hangtan)

A klasszikus mechanika felosztása

- Kinematika
- Kinetika (dinamika, statika)
- Merev testek forgása
- **Rezgések és hullámok (lengéstan)**
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- Rugalmasságtan
- Akusztika (hangtan)

A klasszikus mechanika felosztása

- Kinematika
- Kinetika (dinamika, statika)
- Merev testek forgása
- Rezgések és hullámok (lengéstan)
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- Rugalmasságtan
- Akusztika (hangtan)

A klasszikus mechanika felosztása

- Kinematika
- Kinetika (dinamika, statika)
- Merev testek forgása
- Rezgések és hullámok (lengéstan)
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- **Rugalmasságtan**
- Akusztika (hangtan)

A klasszikus mechanika felosztása

- Kinematika
- Kinetika (dinamika, statika)
- Merev testek forgása
- Rezgések és hullámok (lengéstan)
- Aero és hidrodinamika (áramlástan)
- Rugalmasságtan
- Akusztika (hangtan)

Az SI egységrendszer

alapmennyiségek:

$$\text{hosszúság [l]} = [\text{m}]$$

$$\text{tömeg [m]} = [\text{kg}]$$

$$\text{idő [t]} = [\text{s}]$$

$$\text{elektromos áram [I]} = [\text{A}]$$

$$\text{abszolút hőmérséklet [T]} = [\text{K}]$$

$$\text{anyagmennyiség [n]} = [\text{mol}]$$

$$\text{fényerősség [I_v]} = [\text{cd}]$$

kiegészítő mennyiségek: síkszög (radián), térszög (szteradián)

leszármaztatott mennyiségek: $[v] = [\text{m}]/[\text{s}]$, $[Q] = [\text{A}][\text{s}]$

A Newton-féle tér, idő fogalom

Newton: Az események az abszolút nyugvó térben és időben zajlanak.

A tér legfontosabb tulajdonsága, hogy: **homogén** és **izotróp**.

Az idő legfontosabb tulajdonsága, hogy: **homogén** és **folytonos**.

Egy test mozgása csak egy másik testhez viszonyítva írható le.

- Referencia test (RT)
- Vonatkoztatási rendszer (RT+koordinátarendszer)
- Inerciarendszer (lásd később)

Kinematika

A kinematika alapkérdése a következő: Hol van a test és mekkora a sebessége? Ha ezt minden időpontban ismerjük, akkor írjuk le a test mechanikai állapotát!

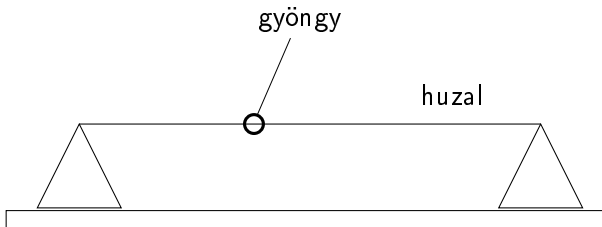
$$\mathbf{r} = (x(t), y(t), z(t)) \quad \text{a pozíció}$$

$$\mathbf{v} = (\dot{x}(t), \dot{y}(t), \dot{z}(t)) \quad \text{a pozíció változása}$$

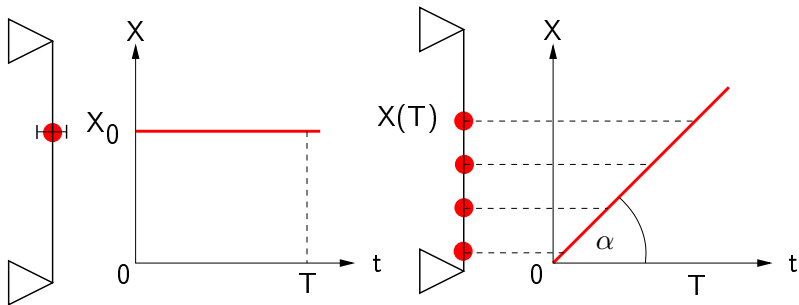
A kinematika alapfeladata az anyagi pont kezdeti pozíciójának és sebességének ismeretében minden lehetséges későbbi mechanikai állapotának meghatározása!

Egydimenziós világ

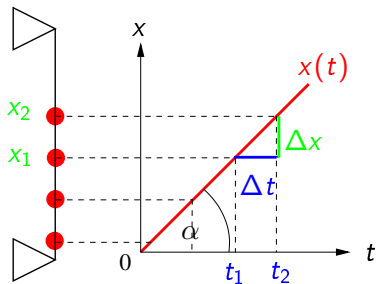
Rendszer: anyagi pont (kiterjedés nélküli, tömeggel rendelkező pont) Kényszer: a részecske csak egy egyenes mentén mozoghat!
Az egydimenziós világ mechanikai állapota kétdimenziós!



kinematika



Egyensvonalú egyenletes mozgás



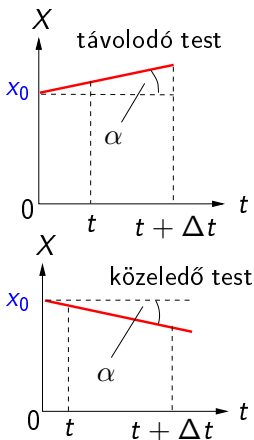
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \tan(\alpha)$$

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$x(t) = vt \text{ (origón átmenő egyenes)}$$

$$y(x) = ax + b$$

Egyenesvonalú egyenletes mozgás



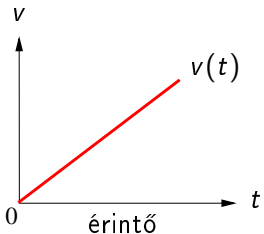
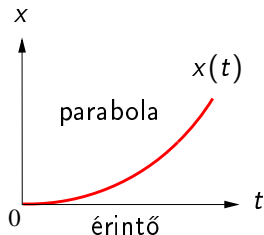
$$x(t)_+ = x_0 + vt$$

$$x(t)_- = x_0 - vt$$

Az egyenes vonalú egyenletes mozgás az egyetlen, ahol az átlagos sebesség ($\langle v \rangle$) és a pillanatnyi sebesség (v) azonos! Az átlagos sebességet az ún. differenciáhányados határozza meg:

$$\langle v \rangle = \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}.$$

Szabadesés



A Galilei-féle négyzetes úttörvény

$$x(t) = \frac{g}{2} t^2$$

A mérések szerint a szabadon eső test sebessége lineárisan növekszik, ha a közegellenállás csekély!

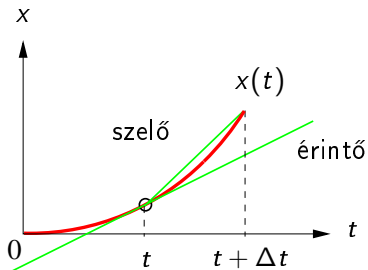
$$v(t) = g t$$

Változási gyorsaság

Newton és Leibnitz szerint a parabolához húzott érintő meredeksége adja meg a pillanatnyi sebességet! Egy $f(t)$ függvény adott t' pontbeli érintőjének meredekségét a függvény differenciálhányadosa szolgáltatja.

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t'} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left. \frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t} \right|_{t'}$$

Szabadesés



A pillanatnyi sebesség az átlagos sebesség határértékeként értelmezhető:

$$\begin{aligned}
 v &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} \\
 v &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\frac{g}{2}(t + \Delta t)^2 - \frac{g}{2}t^2}{\Delta t} \\
 v &= \frac{g}{2} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{t^2 + 2t\Delta t + \Delta t^2 - t^2}{\Delta t} \\
 v &= \frac{g}{2} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (2t + \Delta t) = gt
 \end{aligned}$$

Szabadon eső test gyorsulása

$$\langle a \rangle = \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

$$v(t) = g t$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{g(t + \Delta t) - g t}{\Delta t} = \frac{\cancel{g}t + g\Delta t - \cancel{g}t}{\Delta t} = g$$

A g nem más mint a sebesség változási gyorsasága: $g = \dot{v}$

Kinematikai egyenletek

A következő egyenletek, egydimenziós, konstans gyorsulású mozgásokra vonatkoznak. A bennük szereplő x_0 , v_0 mennyiségeket kezdeti feltételeknek nevezzük. A kezdeti feltételek ismeretében x és v bármilyen későbbi időpontban meghatározható!

$$v(t) = v_0 + a t$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

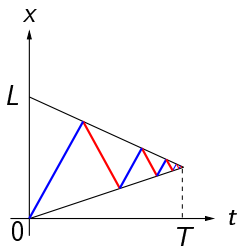
$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

Ha a gyorsulás változik az időben (pl. harmonikus rezgőmozgás) az egyenletek nem alkalmazhatók!

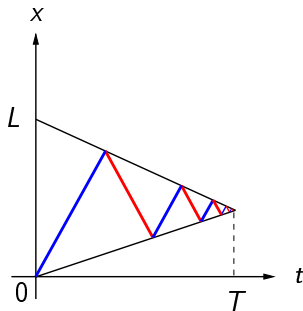
Determinizmus és kauzalitás

Laplace: „Adjátok ide az összes x_0 -t, v_0 -t megjósolom a világ jövőjét!” Tehát Laplace szerint a világ determinisztikus! Alapvető probléma ezzel az, hogy milyen pontossággal ismerjük a kezdeti feltételeket, és ez a bizonytalanság milyen hibát okoz. Évszázadokig úgy gondolták ez a hiba lineáris. 1960-as évektől kezdve egyre több olyan rendszert írtak le, ahol piciny hiba a kezdeti feltételekben óriási bizonytalanságot okoz a rendszer működésében. Ez az ún. pillangó effektus. Ezek a rendszerek determinisztikusak, mégis működésük a véletlenszerű működéshez hasonló.

Végtelen szakaszokból álló mozgás



Végtelen szakaszokból álló mozgás



$$S_n^{\nearrow} = a_1 + a_1q + a_1q^2 + \dots = a_1q^{n-1} = \frac{a_1}{1-q}$$

$$S_n^{\searrow} = b_1 + b_1q + b_1q^2 + \dots = a_1q^{n-1} = \frac{b_1}{1-q}$$

Végtelen szakaszokból álló mozgás

$$a_1 = \frac{L}{v_2 + c} \sqrt{1 + c^2}$$

$$b_1 = \frac{L}{v_2 + c} \frac{c - v_1}{c + v_1} \sqrt{1 + c^2}$$

$$q = \frac{(v_2 - c)(v_1 - c)}{(v_2 + c)(v_1 + c)}$$

$$s_k \nearrow = q^{\frac{k-1}{2}} \frac{L}{v_2 + c} \sqrt{1 + c^2} \quad k = 1, 3, 5, 7$$

$$s_l \searrow = q^{\frac{l-2}{2}} \frac{L}{v_2 + c} \left(\frac{c - v_1}{c + v_1} \right) \sqrt{1 + c^2} \quad l = 2, 4, 6, 8$$

Végtelen szakaszokból álló mozgás

