

# G7501 Fyzikální geochemie

Josef Zeman

# Sylabus

<b>1</b>	<b>19.02.2025</b>	<b>1. Úvod, historie, základní pojmy</b>
<b>2</b>	26.02.2025	2. Principy: První a druhý zákon termodynamiky I
<b>3</b>	05.03.2025	2. První a druhý zákon termodynamiky II
<b>4</b>	12.03.2025	3. Gibbsova funkce
<b>5</b>	19.03.2025	4. Chemický potenciál roztoků
<b>6</b>	26.03.2025	5. Procesy: Jednosložkové soustavy
<b>7</b>	02.04.2025	6.–8. Vícesložkové soustavy; pevné roztoky
<b>8</b>	09.04.2025	9. Chemicky reaktivní systémy: Rovnováha I
<b>9</b>	16.04.2025	9. Chemicky reaktivní systémy: Rovnováha II
<b>10</b>	23.04.2025	10.–12. Důležité rovnovážné konstanty; rovnovážná elektrochemie I
<b>11</b>	30.04.2025	10.–12. Důležité rovnovážné konstanty; rovnovážná elektrochemie II
<b>12</b>	07.05.2025	13. Dynamika: Rychlost geochemických procesů
<b>13</b>	21.05.2025	14. Principy modelování, ideální a reálné systémy, souhrn

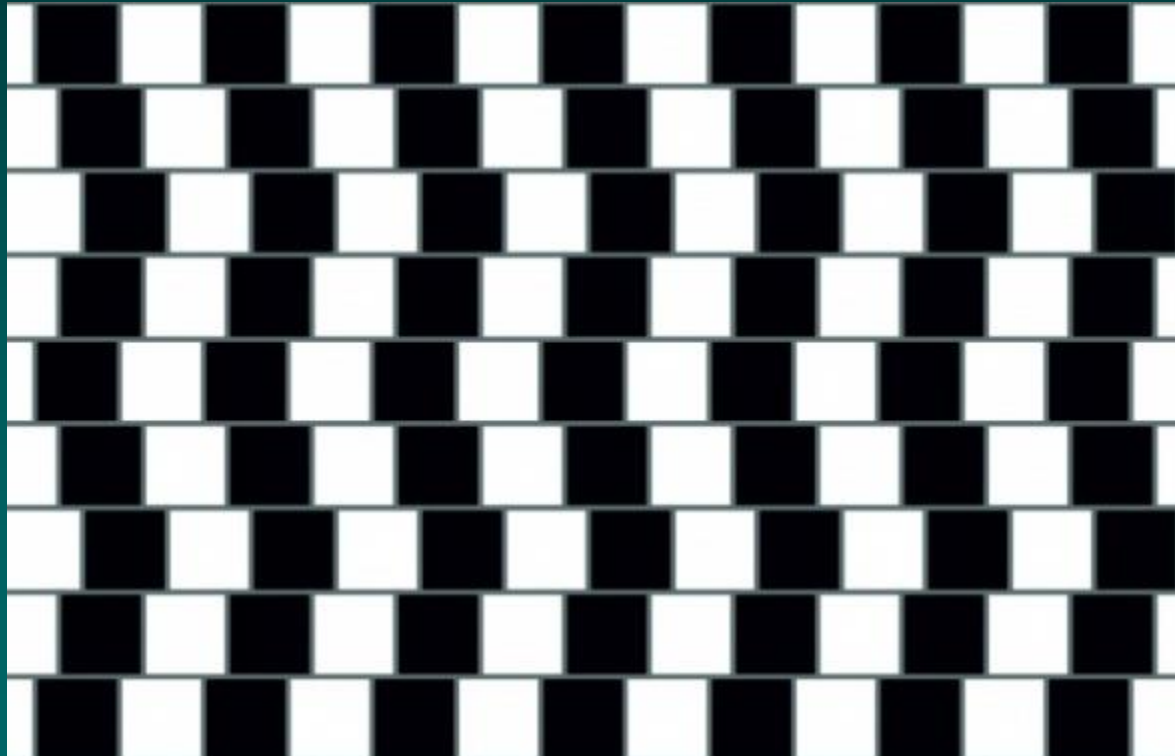
# Vědecké poznání

1. Formuluje hypotézy, které se dají prověřovat
  - nemá smyslu klást otázky, na které nelze získat odpovědi
2. Je založeno na faktech
  - získává kvantitativní údaje a jejich vztahy v podobě matematických rovnic
3. „Přírodní“ zákony
  - zobecněná lidská zkušenost, „Příroda“ nezná zákony

# Vědecké poznání

## 4. Lidské smysly se nechají oklamat

- vjemy přepracovává mozek, „Viděl jsem to na vlastní oči.“, optické iluze (smyslové iluze)



# Vědecké poznání

## 5. Vědecká pravda není záležitostí většinového názoru nebo hlasování

- Země není zvlněná rovina

Fernando Magellan (1480–1521, zabit na Filipínách) – 1519–1522 obeplul Zemi (dokončil Juan Sebastián del Cano)

- Slunce neobíhá kolem Země

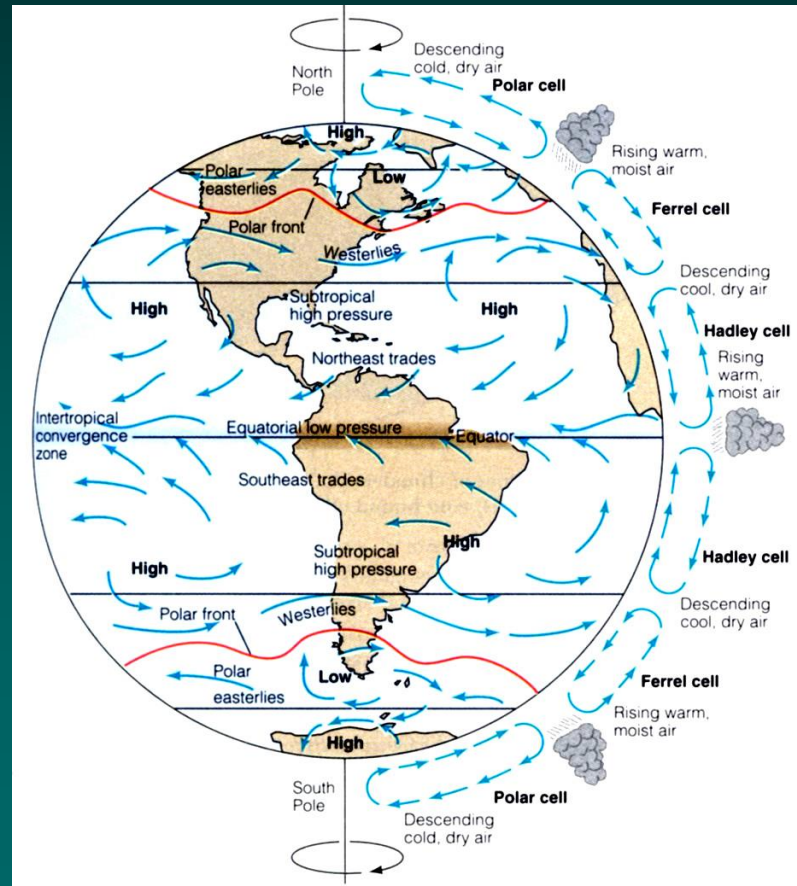
Mikuláš Koperník (1473–1543) – 1542 De Revolutionibus orbium coelestium libri VI (Šest knih o oběžích sfér nebeských), (Immanuel Kant, 1724–1804: „koperníkovský obrat“), zakázáno ještě v roce 1834

Giordano Bruno (1548–1600) – 1584 De l'infinito, universo e mondi (O nekonečnu, vesmíru a světech), nekonečný věčný vesmír, upálen

Galileo Galilei (1564–1642) – moderní experimentální věda, astronom, zemská rotace („A přece se točí.“), žalář, domácí vězení

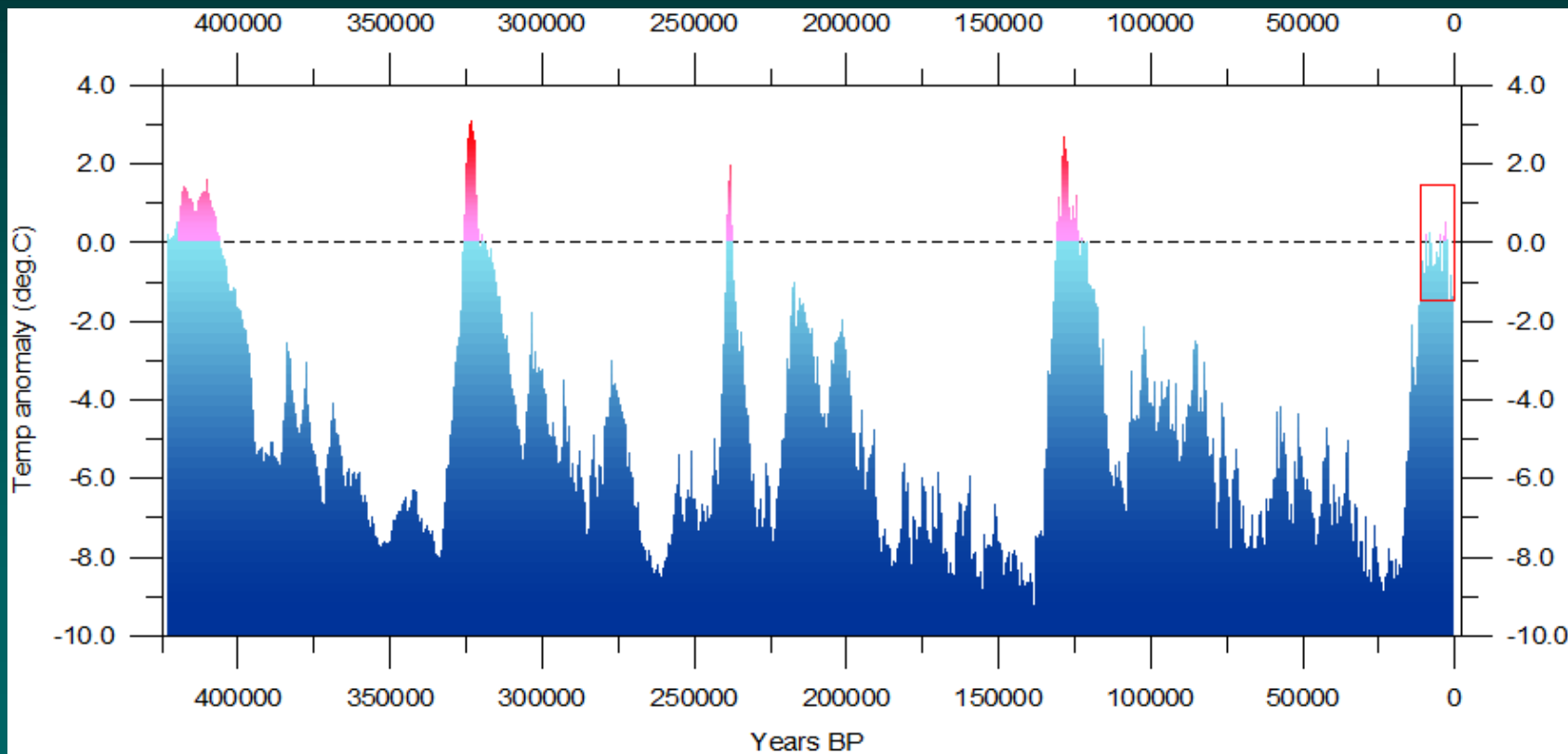
# Vědecké poznání

6. „Moderní“ doba – názor, mnoho pravd, politika, extrémní finance
- zemské systémy jsou extrémně složité, možná tušíme jak fungují – proudění v atmosféře



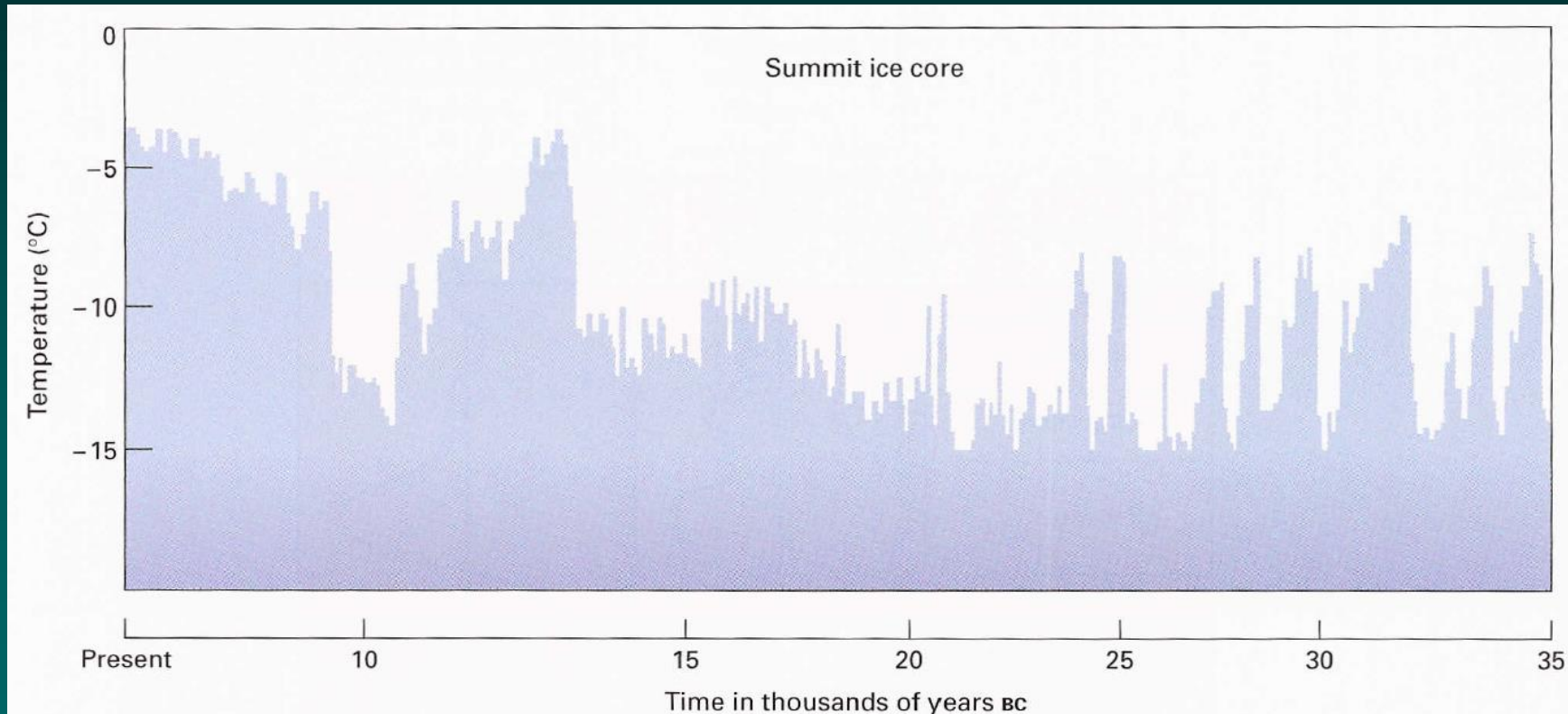
# Vědecké poznání

6. „Moderní“ doba – názor, mnoho pravd, politika, extrémní finance
- zemské systémy jsou extrémně složité, možná tušíme jak fungují – globální klima



# Vědecké poznání

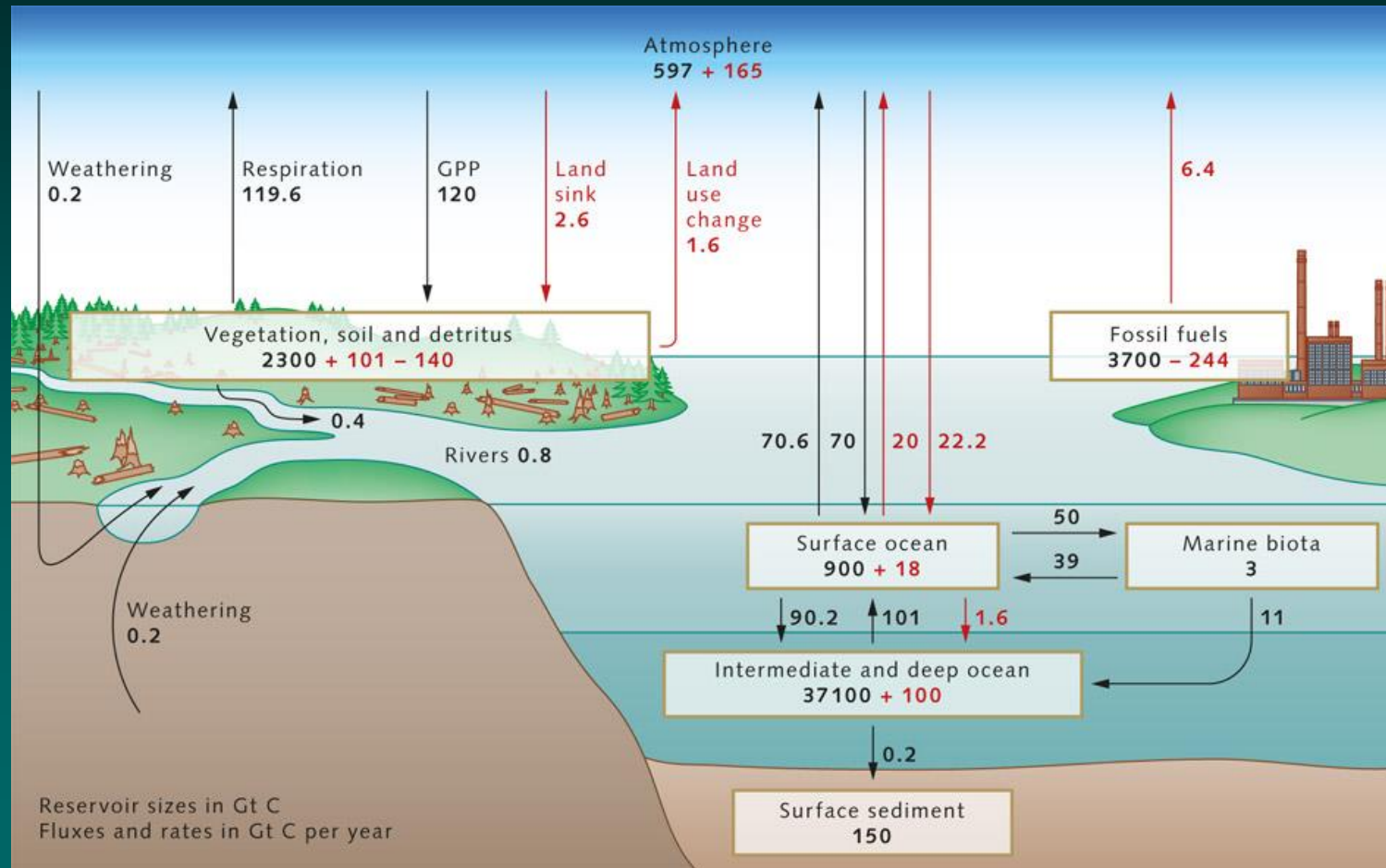
6. „Moderní“ doba – názor, mnoho pravd, politika, extrémní finance
- zemské systémy jsou extrémně složité, možná tušíme jak fungují – globální klima





# Vědecké poznání

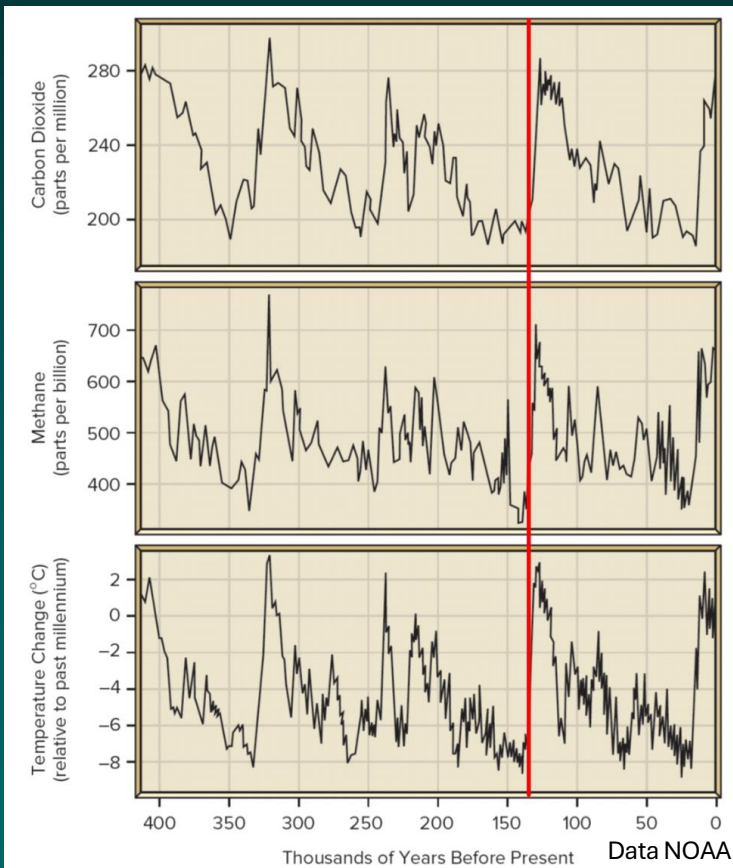
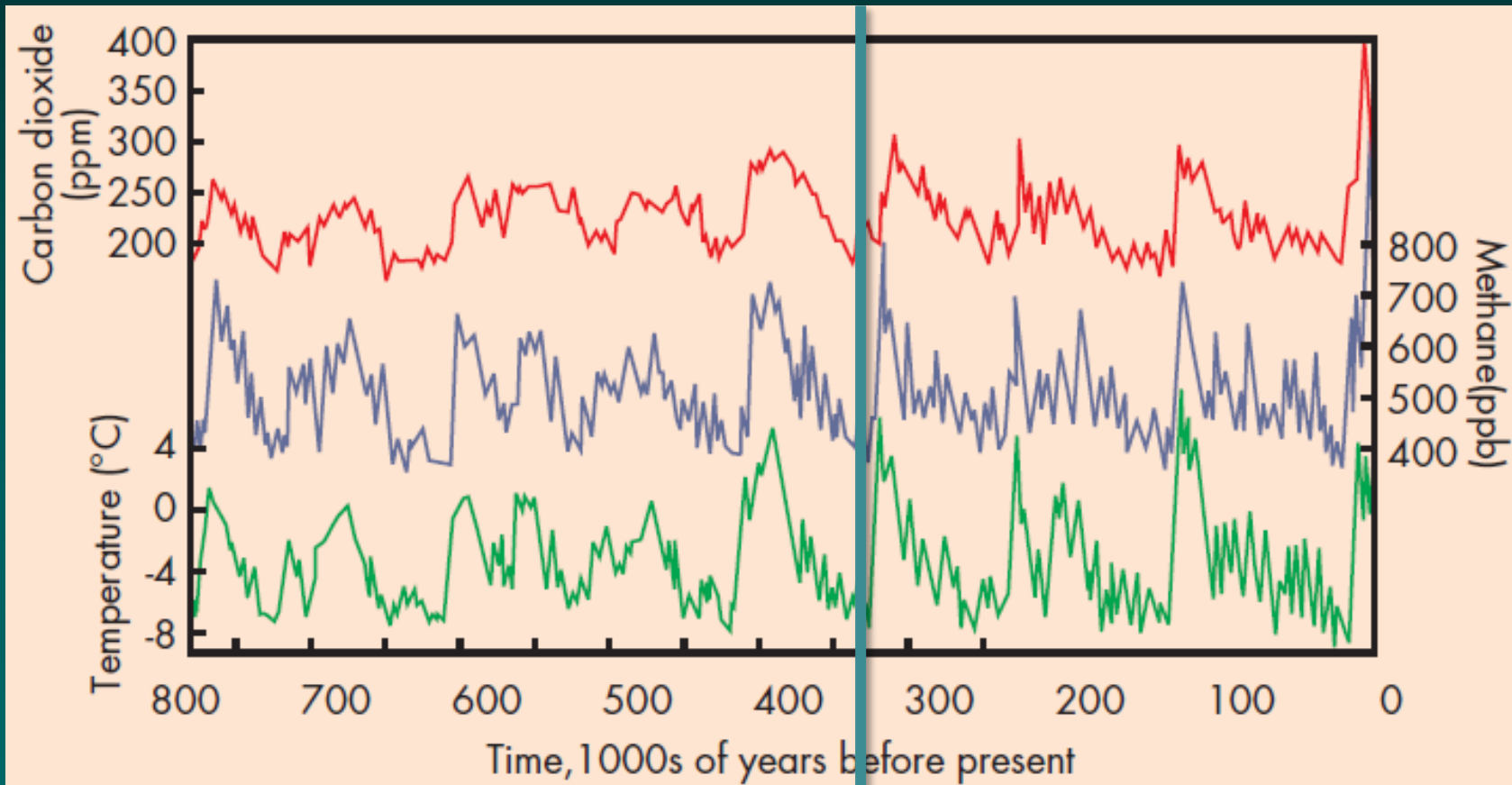
6. „Moderní“ doba – názor, mnoho pravd, politika, extrémní finance
- zemské systémy jsou extrémně složité, možná tušíme jak fungují – globální cyklus uhlíku



# Vědecké poznání

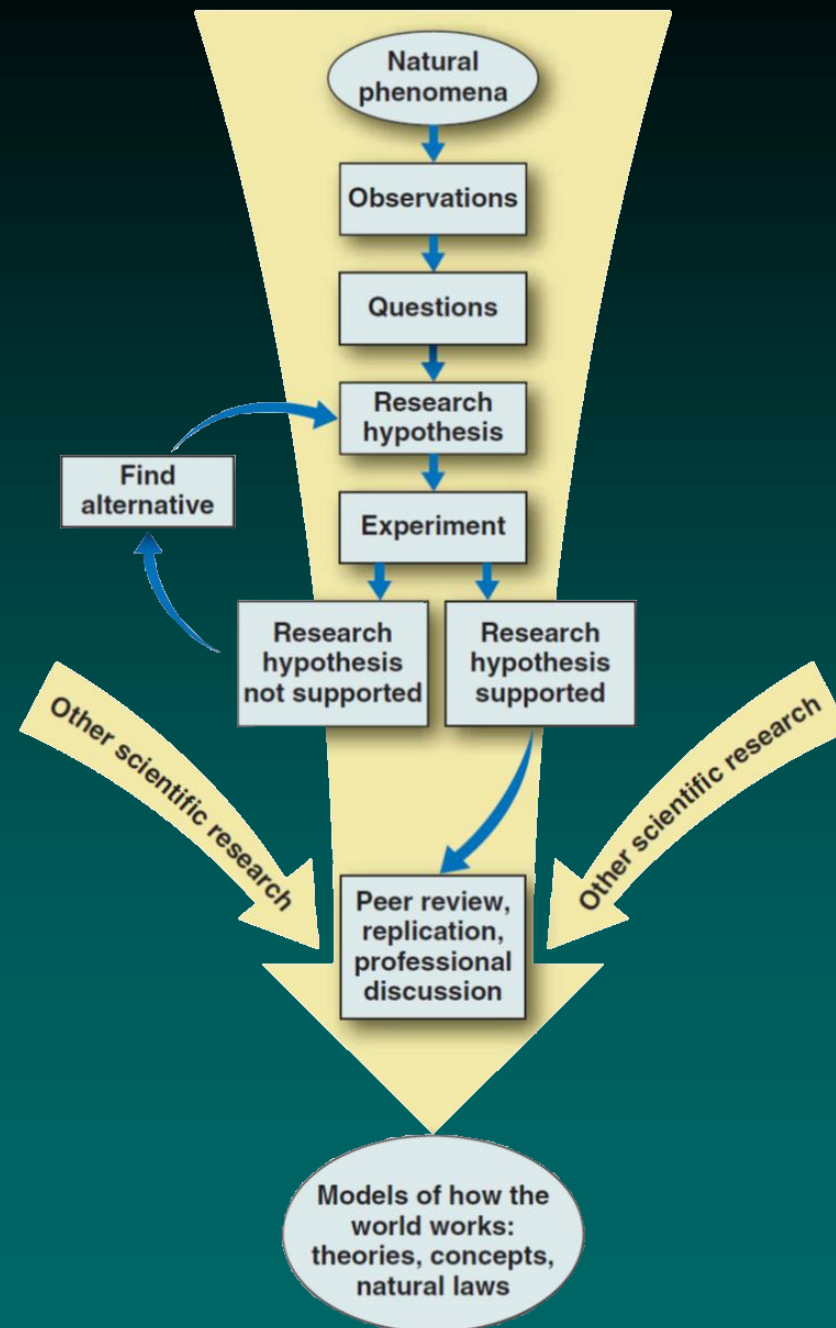
## 6. „Moderní“ doba – názor, mnoho pravd, politika, extrémní finance

- zemské systémy jsou extrémně složité, možná tušíme jak fungují – globální cyklus uhlíku
- $T \rightarrow CH_4 \rightarrow CO_2$



# Vědecké poznání

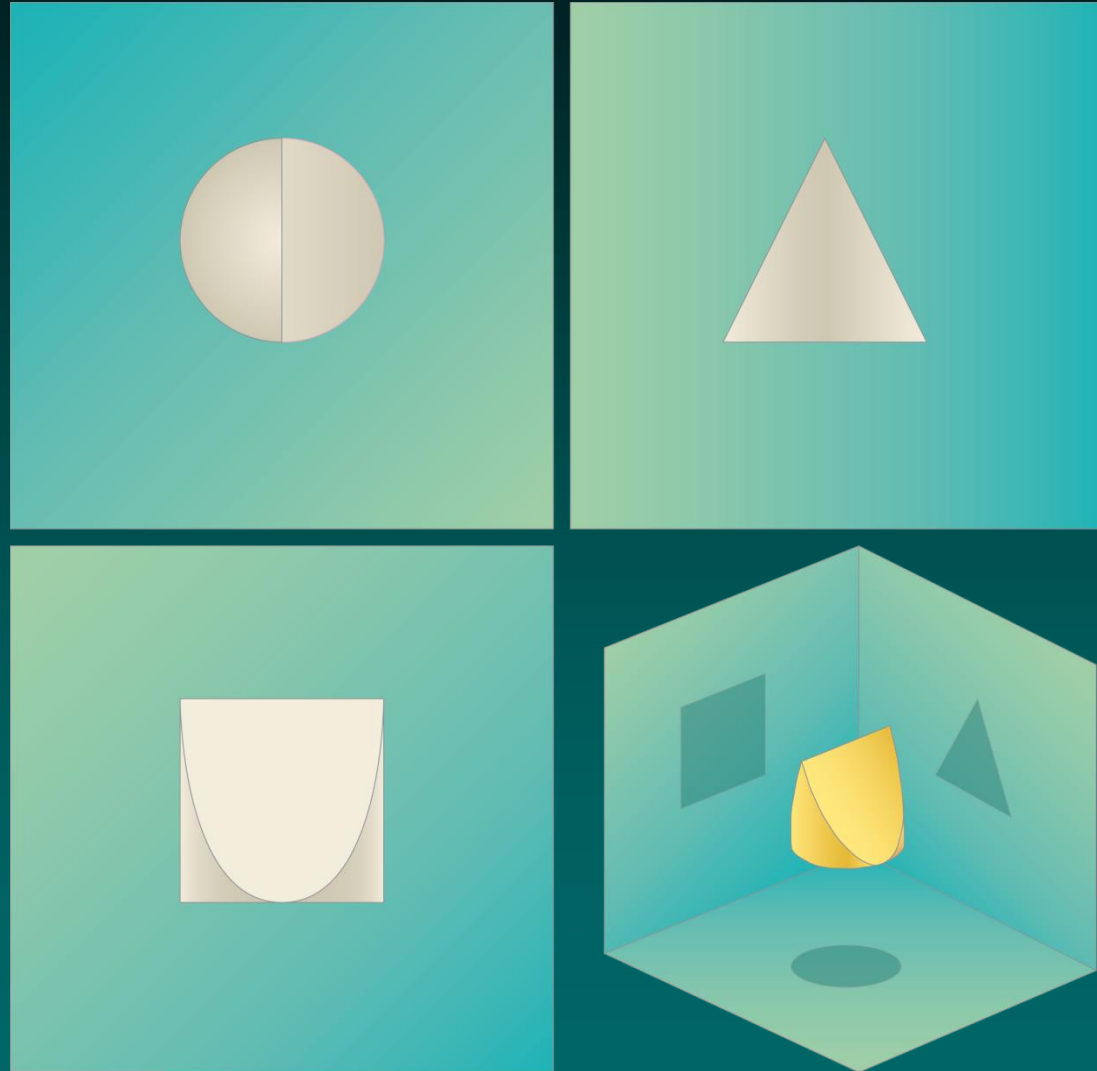
Kroky vědeckého poznání



# Vědecké poznání

7. Věda dokáže předvídat (co se stane, když...), „nevěda“ je založena na víře, přesvědčení, ideologii
  - ekonomie – nedokáže předvídat krize ani budoucí vývoj („černé labutě“)...
  - sociologie – nedokáže předvídat, jak bude společnost reagovat na podněty...
  - politologie – nedokáže předvídat, kdo vyhraje volby...
  - environmentalistika – nezamýšlené důsledky (bionafta, solární panely...)

# Pohledy



Při zkoumání přírodních objektů a systémů neexistuje jediná „pravda“, tento stejný objekt se může jevit různě podle úhlu pohledu.<sup>01</sup>

# G7501 Fyzikální geochemie

## 1. Úvod

Josef Zeman

# Stabilita

- **Principy:** Vnitřní energie, změna entropie, Gibbsova funkce, chemický potenciál, ideální a reálné roztoky, souhrn principů
- **Fyzikální přeměny čistých látek:** Fázové diagramy, fázová stabilita a fázové přechody, vlastnosti jednoduchých směsí
- **Termodynamický popis směsí:** Jednosložkové systémy, dvousložkové systémy, vícesložkové systémy
- **Chemické rovnováhy:** Chemické reakce, odezva chemických rovnováh na změnu podmínek, vybrané rovnováhy
- **Elektrochemické reakce:** Chování iontů v roztocích, oxidace a redukce

# Aplikace termodynamiky na přírodní systémy

## Vlastnosti přírodních systémů

- velká variabilita složení reagujících složek
- velký rozsah podmínek existence
- mimořádná složitost
- obrovský hmotný obsah systémů



# Historie

- **Benjamin Thompson:** pozdější hrabě Rumford Svaté říše římské: V roce 1798 vyslovil názor, že teplo má svůj původ ve vynaložené mechanické práci.
- **Humphry Davy:** 1799 pokus, při němž se působením hodinového stroju o sebe třely dva kousky ledu ve vakuu. I v nepřítomnosti vzduchu led rychle tál (původ tepla v mechanické práci).
- **Julius Robert Mayer:** 1842 publikoval v *Annalen der Chemie und Pharmazie* následující závěr: „Z aplikace přijatých teorémů na tepelný stav a objemové relace plynů, vyplývá ..., že pád závaží z výšky asi 365 m odpovídá zahřátí hmotnostně stejného množství vody z 0 na 1 °C.“ Dále došel Mayer k obecnému závěru: „Při všech fyzikálních a chemických procesech zůstává daná síla konstantní veličinou.“
- **James Prescott Joule:** 1843 zahříval Joule vodu v kalorimetru třením – pomocí otáčejícího se kolečka s lopatkami – a určoval vztah mezi vykonanou prací a vzniklým teplem. Zjistil, že 1 cal je rovna 4,154 J. V roce 1849 završil dlouholetou práci přednáškou před Královskou společností v Londýně „O mechanickém ekvivalentu tepla“ (*On the Mechanical Equivalent of Heat*).
- **Hermann von Helmholtz:** Průběžné výsledky předchozích badatelů zobecnil v roce 1847 v práci „O zachování síly“ (*Über die Erhaltung der Kraft*). Prohlásil zachování energie za obecně platný princip a za jeden ze základních zákonů, který lze aplikovat na všechny přírodní jevy.
- **Rudolf Clausius:** 1865 zavedl mnohoznačný pojem entropie (označení pochází z řeckého slova pro udání směru změn). Vyjádřil jej v podobě matematického vzorce a postulátu: „Teplo samo od sebe nepřechází z chladnějšího tělesa na teplejší.“
- **Josiah Willard Gibbs:** publikoval v letech 1876 a 1878 práci „O rovnováhách heterogenních látek“ (*On the Equilibrium of Heterogeneous Substances*). V této práci Gibbs rozšířil platnost termodynamiky, která se do té doby zabývala především fyzikálními procesy, i na chemické přeměny.

# Historie

- **James Watt:** 1769 parní stroj – v centru pozornosti techniků opačný proces přeměna tepla na práci.
- **Sadi Carnot:** 1824 uveřejnil teorii tohoto tzv. anglického stroje v monografii „Úvahy o hybné síle ohně“ (*Réflexions sur la puissance motrice du feu*). Carnot tehdy napsal: „Vznik hnací síly v parních strojích není ve skutečnosti svázán se spotřebováváním tepla, ale s jeho přechodem od teplejšího tělesa k chladnějšímu ... Abychom vyvolali vznik hnací síly, nestačí pouze vytvořit teplo, je nutné získat ještě chlad. Bez něj se stane teplo neúčinné.“ A dále: „Hnací síla tepla nezávisí na látkách, které vezmeme pro její získání. Její množství je výlučně určeno teplotami těles, mezi kterými nakonec dochází k přenosu tepla.“

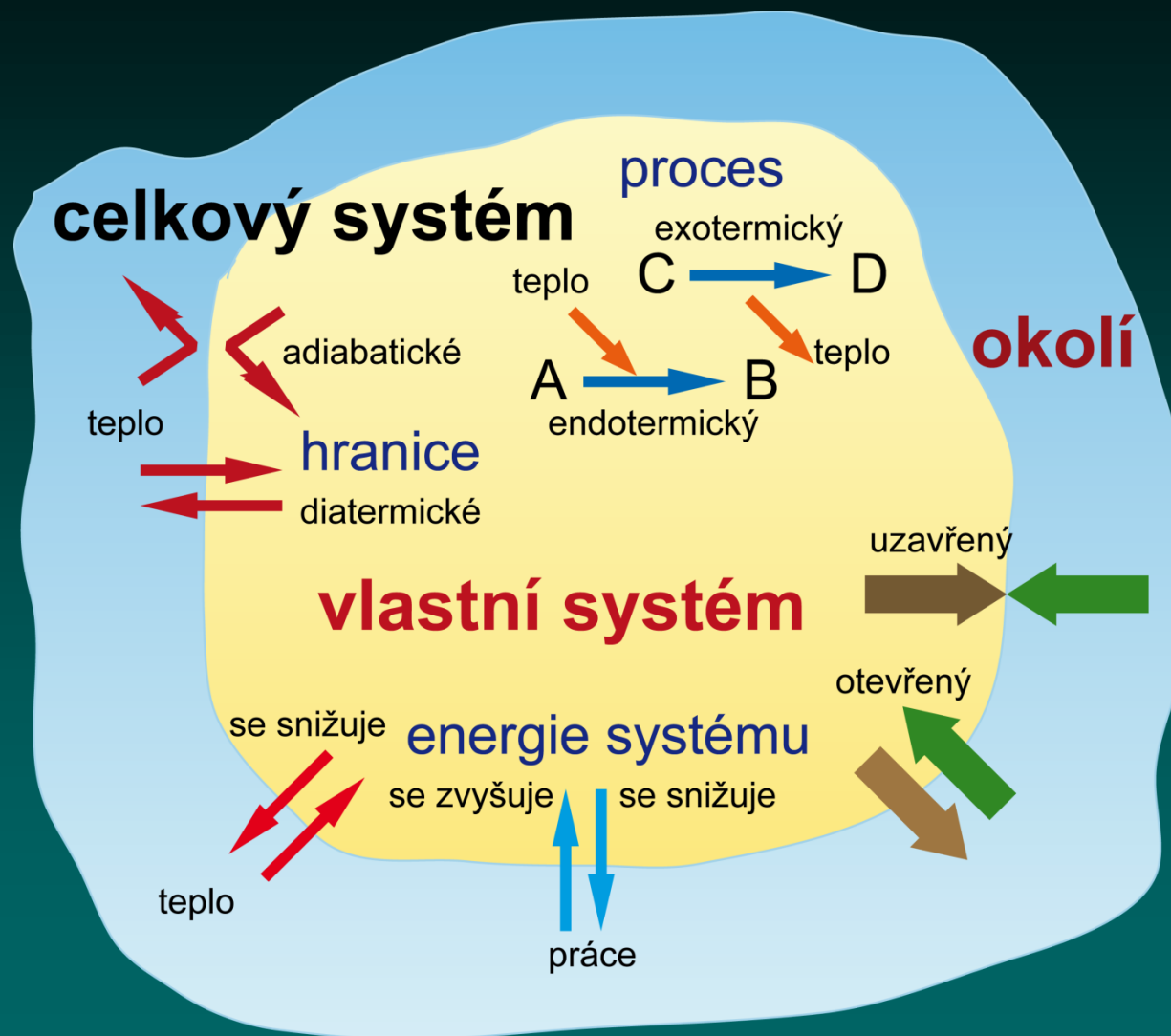
# Principy

- Celá termodynamika vychází ze dvou empiricky zjištěných principů, které není možné odvodit ze žádných „základnějších“ vztahů nebo zákonů. Není zřejmé, proč tomu tak je, proč „Příroda“ tyto principy dodržuje.
- Tyto dva principy, označované jako zákony, jsou formulovány následovně:
  - energie systému zůstává konstantní pokud není změněna prací nebo přenosem tepla (princip „konzervace“ nebo „zachování“ energie)
  - celková neuspořádanost v průběhu procesů roste

# Základní pojmy

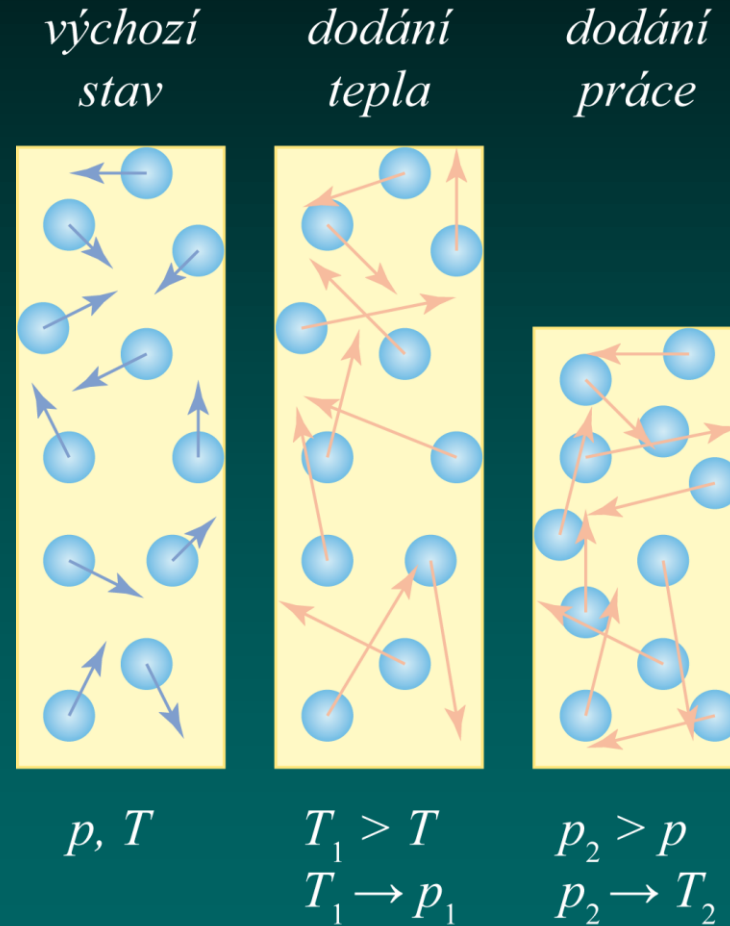
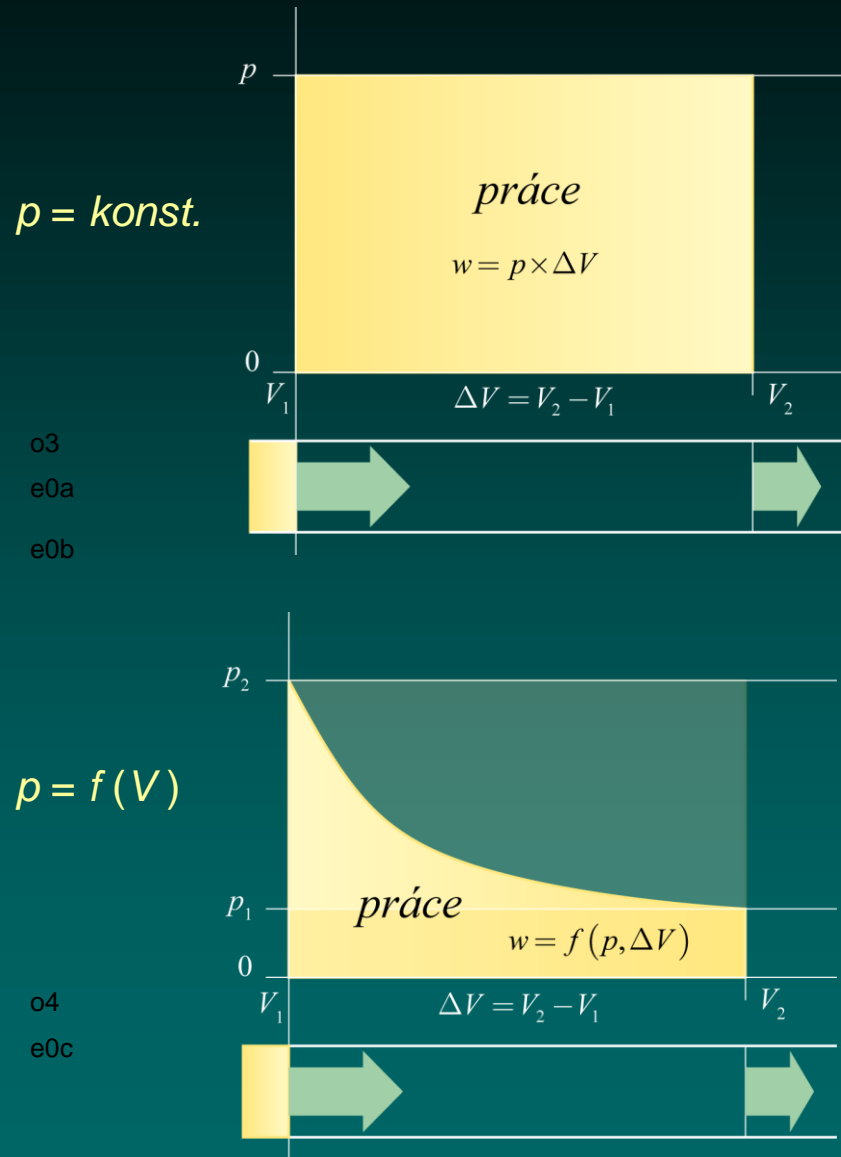
- Práce je vykonávána nějakým procesem  
v případě, kdy může být v principu tento proces použit pro změnu výšky závaží.
- Energie systému je jeho potenciální schopnost konat práci.
- Energie systému může být změněna nejen prací. Pokud se změní energie systému tokem tepla mezi systémem a jeho okolím v důsledku rozdílu jejich teplot, pak byla energie přenesena v podobě tepla.

# System a jeho okolí



Ilustrace některých pojmů souvisejících s procesy v systémech.

# Objemová práce a teplo



Ke změně energie systému dochází výměnou tepla a konáním práce.