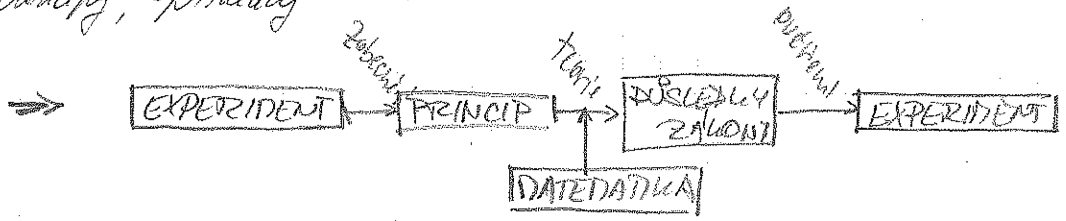
AXIOMATICKÁ VÝSTAVBA FYZ. TEORIÍ

- fyz. realita a její modely, - formulace hypotéz a principů, - úloha matematiky, - variační principy, - příklady



Fyzika popisuje nejfundamentálnější jevy v přírodě, často na modelech (zobecnění, zjednodušení). K popisu používáme systém axiomů - zákl. tvoří deduktivního systému, které v rámci teorie nelze odvodit. Pomocí nich formujeme teorie.
Zákony lze dedukcí, či odvozením získat řadu dalších zákonů

Axiom - bezrozporný
- nezávislý
- úplný

Utvoříme hypotézu (předpoklad) - snažíme se něco vysvětlit či potvrdit. Vychází z pozorování, experimentu. Je-li hypotéza nesprávná, pak ji popíšeme systémem bezrozporných axiomů.
Současná teorie je zobrazením reality - když exp. nic nevyvrátí teorii.
Teorie se ověří => experiment ji dále nepopírá.

Fyzikální metody - pozorování
- experiment
- myšlenkový experiment
- simulace

- modely
- předpoklad - fyzikální předpoklad
- matematická - formální rovnice pro stejné

Modely - reálný
- analogický
- myšlenkový

- matematický

Úloha matematiky - kvalitativně popisuje pozorované děje, na základě matem. axiomů nám umožňuje předpovídat chování => porovnání matem. předpovědi s experimentem.

Variační principy
Integrál fce nabývá extremální hodnoty pro ~~...~~ nejlepší - realizovanou dráhu, zde předpokládá pevný počátek a na zvoleném čas. intervalu (t_0, t_1)
Formulace principu - oplývá dráha, po které se světlo šíří se zdá být extremální - min je pro odraz od rovinného zrcadla nebo změnu n. Matematicky pro geom. optiku.

Systém popíšeme Lagrangeovou fcí $L = L(\vec{q}, \dot{\vec{q}}, t)$

$$S(t_0, t_1) = \int_{t_0}^{t_1} L\, dt \; ; \; \delta q = q_{virt} - q_{real} \qquad \delta q(t_0) = \delta q(t_1) = 0$$

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} L\, dt = \int_{t_0}^{t_1} \delta L\, dt = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{\partial L}{\partial q} \delta q + \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \delta \dot{q} \right) dt = 0$$

$$u = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \quad v' = \delta \dot{q}$$
$$u' = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) \quad v = \delta q_k$$

$$\int_{t_0}^{t_1} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \delta \dot{q}\, dt = \underbrace{\left[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \delta q \right]_{t_0}^{t_1}}_{0 \text{ (nulové podmínky)}} - \int_{t_0}^{t_1} \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) \delta q\, dt$$

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} L\, dt = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{\partial L}{\partial q_k} \delta q_k - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) \delta q_k \right) = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{\partial L}{\partial q} - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) \right) \delta q_k\, dt = 0 \qquad \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = \frac{\partial L}{\partial q}$$

Lagrangeova m. - vhodný jen ve speciálním případu (v kartézských souřadnicích). Třeba zúčast pečlivou pozornost.
platí $L = L + \frac{d}{dt}(\vec{q}, t)$ $L(\vec{q}, \dot{\vec{q}}, t)$

Pro jednodušší vyjádření $L = T - V$.
L ... ke 2. řádu - vepsat ne ke 1. řádu.

Homogenita prostoru $\rightarrow \frac{\partial L}{\partial q} = 0$
času $\rightarrow \frac{\partial L}{\partial t} = 0$
izotropie $\rightarrow \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) = 0$

Variační princip aplikovatelný v kvantovce.
$\rightarrow$ nejde spočítat Hamiltonián, pak

$E_0 \leq \langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle$ ... Dk. Lze ho rozepsat $\phi = \sum_n c_n \psi_n$
$\langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle = \langle \sum_n c_n \psi_n | \hat{A} | \sum_m c_m \psi_m \rangle = \sum_n \sum_m c_n^* c_m E_m \langle \psi_n | \psi_m \rangle$

Vlastní vektory jsou ortonormální $\langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle = \sum_m |c_m|^2 E_m \rightarrow$ pro vyšší stavy $E_0 \leq \langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle$
Hledáme extrém $\varepsilon(\psi) = \frac{\langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle}{\langle \psi | \psi \rangle}$

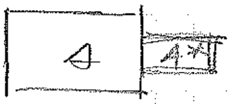
Z var. principu $\varepsilon \geq E_0$, $\varepsilon = E_0$ když, když ψ je v zákl. stavu.
Pr.

Stat. termodynamika - 3 postuláty

1. Vnitřní en. izolovaného systému je konstantní. Změna vnitřní en. odpovídá en., jež projde do systému přes jeho hranici (teplo) nebo práci, kterou systém vykoná
2. Entropie izolovaného systému roste. $\Delta S \geq 0$
3. Rovnováha ... maximální entropie

Všechny mikrostavy izolovaného en. jsou v izolovaném systému v rovnováze stejně pravděpodobné!
Počet ~~mikrostavů~~ mikrostavů $\Gamma(E, V..)$
Hustota mikrostavů $\Gamma(E, V.)\,dE$

Izolovaný systém



$E^\circ = E + E^*$
$\Gamma^\circ = \Gamma(E)\,\Gamma(E^\circ - E)$ ← Celkový počet stavů v systému je součinem všech mikrostavů
$S^\circ = S(E) + S(E^\circ - E)$

Γ° - max v rovnováž. konfiguraci $\left(\frac{d\Gamma^{(0)}}{dE}\right) = 0 = \left(\frac{dS}{dE}\right) = \frac{dS^*}{dE^*} + \frac{dS^*}{dE^*}\frac{dE^*}{dE}$ $\quad \frac{dE^*}{dE} = 1$

$\rightarrow \frac{dS}{dE} = \frac{dS^*}{dE^*}$

Přidám-li do podsystému A en. ΔE, pak je $\frac{dS}{dE}\Delta E$. Podsystémy si en. mohou předávat

$0 \leq \frac{dS^{(0)}}{dE}\Delta E = \left(\frac{dS}{dE} - \frac{dS^*}{dE^*}\right)\Delta E \qquad \Delta E > 0 \rightarrow \frac{dS}{dE} > \frac{dS^*}{dE} \qquad \Delta E < 0$ naopak

V rovnováze mají tedy oba systémy; $\frac{dS}{dE} = \frac{1}{T}$

Obdobný systém: $E^{(0)} = E + E^* \quad V^\circ = V + V^* \rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_E = \left(\frac{\partial S^*}{\partial V^*}\right)_E$; $p = \frac{dE}{dV} = \left(\frac{\partial E}{\partial S}\right)_V\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_E = T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_E$

$\rightarrow \frac{p}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_E = \left(\frac{\partial S^*}{\partial V^*}\right)_E = \frac{p^*}{T^*}$

$dS(E, V) = \left(\frac{\partial S}{\partial E}\right)_V dE + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_E dV = \frac{dE}{T} + \frac{p}{T}dV \quad \rightarrow dE = TdS - pdV$ z principu jsou odvozeny zákony

Kvantovka: 1, Stav je popsán fcí $\psi(\vec{r}, t)$. Vyjádření je vlnovou aplikací, že $\psi^*\psi\,d\tau$ je pravd. nalezení částice v objemu elementu $d\tau$ v čase t. Vlnová fce musí být normována
2, Měření je spojeno s operátorem $\hat{A}$, měřené veličiny odpovídají jen vl. hodnotám operátoru
3, Stav systému je lin. kombinací $\psi = \sum c_i \psi_i$; pravd. $|c_i|^2$

poloha	r	$\hat{r}$	násobení r
hybnost	p	$\hat{p}$	$-i\hbar\left(\vec{i}\frac{\partial}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial}{\partial z}\right)$
kinetická en	T	$\hat{T}$	$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \ldots\right)$
pot. en	$V(r)$	$\hat{V}(r)$	násobení $V(r)$
energie	E	$\hat{H}$	$T + V$
moment hybnosti	l_x	$\hat{l}_x$	$-i\hbar\left(y\frac{\partial}{\partial z} - z\frac{\partial}{\partial y}\right)$ + CB

Vývoj fce $\hat{H}\psi(\vec{r}, t) = -i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}$