

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Juliána Baštecká; Karel Míšek

Letní škola o teorii poruch v pevných látkách

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 10 (1965), No. 2, 97--101

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138997>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1965

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

LŠ o magnetismu, chystaná na rok 1965, bude se už moci opřít o zkušenosti z obou předchozích škol. Snad se také vbrzku podaří najít rychlejší způsob publikace přednášek než je knižní vydání v běžných výrobních termínech. Dá se proto očekávat, že péčí JČMF a spolupracujících institucí bude v ČSSR postupně vytvořena dobrá tradice letních škol fyziky pevných látek.

Václav Frei

## LETNÍ ŠKOLA O TEORII PORUCH V PEVNÝCH LÁTKÁCH

Jednota československých matematiků a fyziků uspořádala ve spolupráci s Fyzikálním ústavem ČSAV a s Ústavem fyziky pevných látek ČSAV letní školu o teorii poruch v krystalech. Tato letní škola se konala v Hrazanech na Slapském jezeře od 31. srpna do 12. září 1964. Na rozdíl od první letní školy o fyzice pevných látek, pořádané v r. 1963 v Podhradí na Sázavě, byla většina přednášejících ze zahraničí. Tím byl umožněn výběr specialistů v jednotlivých oborech tohoto značně rozsáhlého odvětví fyziky pevných látek.

Na letní škole přednášeli tyto referenti:

P. B. HIRSCH, Cavendish Laboratory, University of Cambridge;

A. HOWIE, Cavendish Laboratory, University of Cambridge;

V. L. INDĚNBOM, Institut kristallografii AN SSSR, Moskva;

J. KRATOCHVÍL, Ústav fyziky pevných látek ČSAV, Praha;

E. KRÖNER, Institut für theoretische Physik, Bergakademie Clausthal;

F. KROUPA, Fyzikální ústav ČSAV, Praha;

W. LUDWIG, Institut für Reaktorwerkstoffe der Kernforschungsanlage, Jülich, Institut für theoretische Physik der Technischen Hochschule, Aachen;

A. N. ORLOV, Fiziko-techničeskij institut im. A. F. Ioffe, AN SSSR, Lenigrad;

G. SAADA, Institut de Recherches de la Sidérurgie Française, St-Germain-en-Laye;

A. SEEGER, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Lehrstuhl für Festkörperphysik der Technischen Hochschule, Stuttgart;

B. ŠESTÁK, Fyzikální ústav ČSAV, Praha.

Posluchači letní školy byli jak z ČSSR, tak ze zahraničí: z Francie, Maďarska, z obou německých států, z Polska a SSSR.

Program školy byl rozdělen do dvou hlavních skupin. Základem bylo sedm přednášek trvajících zpravidla tři až šest hodin, jež byly zaměřeny na základní otázky jednotlivých témat; tyto přednášky udávaly zaměření celé školy. Kromě nich bylo uskutečněno jedenáct dvouhodinových seminářů, jež doplňovaly a rozšiřovaly látku probíranou v přednáškách. Přednášky, semináře a diskuse byly v jazyce anglickém a ruském.

Všimněme si nyní obsahu jednotlivých přednášek:

### Přednášky

V. L. INDĚNBOM: *Stav a perspektivy teorie dislokací*. Tato přednáška byla úvodem k teorii dislokací. Přednášející se proto hlouběji zabýval geometrií a matematickou teorií dislokací. Upozornil na analogie s ostatními oblastmi fyziky, např. s hydrodynamikou a elektrodynamikou. Podrobně rozebral význam teorie dislokací pro plastickou deformaci.

A. SEEGER: *Teorie bodových poruch*. Prof. Seeger se nejprve zmínil o povaze bodových poruch, o způsobech vzniku a o jejich termodynamické rovnováze. Dále se zabýval vlastnostmi bodových poruch a jejich detekcí, migrací, výpočtem difúzního koeficientu a rychlosti přeskoků. Přednášku uzavřel zmínkou o kinetice vyžihání bodových defektů.

A. SEEGER: *Vlité defektů na vlastnosti krystalů*. V této přednášce autor použil teorie elasticity druhého řádu k výpočtu vlivu dislokací na makroskopickou hustotu krystalů. Pokračoval pak

výkladem o tepelné vodivosti a o vlivu poruch na ni. V další části se zabýval elektrickými vlastnostmi krystalu obsahujícího poruchy; šlo zejména o elektrický odpor dislokací, vrstevných chyb a vakancí, shluků vakancí a intersticiálních atomů. V závěru přednášky zdůraznil, že by bylo třeba vytvořit komplexní modely poruch, jež by vysvětlovaly různé vlastnosti. Zatím se nepodařilo takové modely sestavit.

E. KRÖNER: *Fyzikální základy teorie spojitěho rozložení dislokací*. V úvodu definoval prof. Kröner základní pojmy, jako deformaci, napětí, kompatibilitu, inkompatibilitu, vnitřní napětí apod. Potom uvedl vztahy mezi zakřivením mřížky, plastickou deformací a hustotou dislokací a odvodil základní rovnice teorie spojitěho rozložení dislokací. Řešení těchto rovnic pak specializoval pro dané rozložení dislokací — např. pro jednotlivou dislokaci a pro rovnoběžné dislokace. Zmínil se též o výpočtu jejich interakční energie. V závěru pojednal o zobecnění teorie pro větší počet stupňů volnosti. Přesto, že teorie spojitěho rozložení dislokací dosáhla velkých úspěchů zejména v objasnění vnitřních pnutí, není dosud možné vytvořit teorii reálného plastického tělesa a porovnat teoretické výpočty s experimenty.

E. KRÖNER: *Geometrické základy rozložení dislokací*. V této přednášce, kterou měl původně přednést B. A. BILBY, prof. Kröner naznačil, jakým způsobem je možné použít neeuklidovské geometrie k popisu deformovaného stavu tělesa. Po zavedení základních pojmů, jako je paralelní posunutí, Riemannovy-Christoffelovy symboly a tenzor torze, ukázal souvislost mezi tenzorem torze, Burgersovým vektorem a tenzorem hustoty dislokací a stanovil rovnice inkompatibility. Tato přednáška vhodně doplňovala přednášku předcházející, takže obě dávaly ucelený pohled na spojitě rozložení dislokací.

W. LUDWIG: *Dynamika krystalové mřížky obsahující poruchy*. Po úvodních poznámkách o dynamice ideální mřížky přednášející postupně probral dynamiku lineárních mřížek monoatomových i diatomových, jež obsahovaly jedinou poruchou, dále dynamiku monoatomových mřížek s mnoha defekty a pak se zabýval volnou energií těchto mřížek. Potom přešel k trojrozměrným mřížkám a věnoval se lokalizovaným a rezonančním kmitům u bodových poruch, rozptylu elastických vln (tepelné vodivosti) a termodynamickým vlastnostem krystalů obsahujících poruchy. Autor se omezil pouze na časově nezávislá řešení a hlavní důraz kladl na fyzikální aspekty dynamiky porušených krystalů.

G. SAADA: *Vrstevné chyby v kovech*. V úvodu popsal dr. Saada geometrii vrstevných chyb v krystalických látkách a geometrii neúplných dislokací, jež vrstevné chyby ohraničují; jádrem přednášky byl výklad fyzikálních důsledků existence vrstevných chyb a neúplných dislokací. Pojednal o příčném skluzu, o vrstevných chybách a tetraedrech z vrstevných chyb vzniklých po zakalení, o Cottrellových bariérách a zmínil se též o metodách, jimiž lze vrstevné chyby a neúplné dislokace pozorovat. V závěru kriticky zhodnotil dosavadní měření a teoretické výpočty energie vrstevných chyb.

## Semináře

J. KRATOCHVÍL: *Atomové modely mřížkových poruch*. Autor ukázal, jak se v současné době pomocí modelů zkoumá rozložení atomů v jádře poruchy a jak se počítá energie vzniku a pohybu poruch. Zabýval se modely bodových poruch v iontových krystalech, kovech a kovalentních krystalech a příslušnými metodami řešení. Upozornil také na některé modely přímkových dislokací a zmínil se o výpočtu Peierlsova napětí pomocí pozměněného modelu Frenkelova-Kontorové.

F. KRÖNER: *Diaelasticita a paraelasticita*. Přednášející ukázal na úzkou souvislost mezi teorií elektromagnetického pole a teorií elasticity. Podrobně zkoumal vlastnosti elastických dipólů a na tomto základě zavedl tenzor makroskopické elastické polarizace. Tento postup umožňuje rozdělit látku na paraelastické, u nichž se působením vnějšího napětí vnitřní napětí zvyšuje, a na diaelastické, které se chovají právě naopak.

F. KROUPA: *Dislokační smyčky*. Autor popsal tvorbu prizmatických dislokačních smyček kon-

denzací bodových poruch, vlastnosti smyček a jejich interakci s ostatními bodovými poruchami, zvláště s přímými dislokacemi a bodovými poruchami, a vzájemnou interakci smyček. Velkou pozornost věnoval pojmu infinitezimální smyčky, jenž je vhodný k přibližnému popisu malých smyček a může též sloužit jako základní pojem při výkladu teorie dislokací. V závěru se zmínil o teorii spojitého rozložení dislokačních smyček.

A. N. ORLOV: *Kinetika dislokací*. V tomto semináři autor popsal svou teorii kinetiky dislokací. Dislokační struktura je složena pouze z několika elementů, jako jsou přechody (kink), stupně (jog), zlomy (tj. velké přechody nebo stupně) a uzly. Proto všechny procesy, které se v dislokační struktuře odehrávají, jsou složeny z elementárních procesů, jimiž jsou pohyby těchto elementů. Vycházejí z tohoto předpokladu autor formuloval soustavu kinetických rovnic pro tyto procesy a odděleně řešil pohyb jednotlivých elementů; velkou pozornost věnoval plastické deformaci, kterou zkoumal jako vývoj dislokační struktury se všemi jejími elementy.

A. N. ORLOV: *Teorie dislokací v uspořádaných slitinách*. V uspořádaných slitinách (např. v  $\text{Cu}_3\text{Au}$ ) na strukturu dislokací silně působí skutečnost, že v některých skluzových rovinách (např. v systému [111]) vznikají „nesprávné“ vazby mezi sousedními atomy v okolí dislokace, kdežto v jiných skluzových systémech (např. [110]) takový případ nenastává. Zvýšení energie, které s sebou nese existence nesprávných vazeb v uspořádané slitině, lze kompenzovat přítomností sudého počtu dislokací, mezi nimiž zůstává pás nesprávně uspořádané vrstvy. Autor řešil problém nejvýhodnější roviny pro pohyb dvojice a čtveřice dislokací. Zabýval se též pohyblivostí stupňů na dvojicích dislokací, úplným zablokováním jejich pohybu, korelací v koordinačních sférách a jejími důsledky pro pohyb dislokace.

B. ŠESTÁK: *Plastická deformace kovů s kubickou prostorově centrovanou mřížkou*. V tomto semináři podal autor ucelený přehled o plastickém chování kovů s kubickou prostorově centrovanou mřížkou, jejichž zvláštností je silná závislost na obsahu nečistot a vysoká energie vrstevných chyb. Nejprve se zabýval elementy skluzu a jeho mikroskopickou reprezentací a potom teorií zpevnění. Na rozdíl od kovů s plošně centrovanou mřížkou není v tomto případě dost experimentálního materiálu k dokonalému vypracování takové teorie. Bude ještě třeba podrobně studovat vliv nečistot, orientace, teploty a rychlosti deformace v průběhu deformační křivky, jakož i souvislost s dislokační strukturou. Též předpoklad o existenci sil působících na velkou vzdálenost, jejichž zdrojem by byly neuspořádané shluky dislokací, nebyl dosud experimentálně prokázán.

P. B. HIRSCH: *Teorie zpevnění kovů s kubickou plošně centrovanou mřížkou*. Autor v tomto semináři kriticky rozebral dosavadní výsledky experimentálního studia plastické deformace v jednotlivých oblastech deformace a současně i důsledky různých teorií zpevnění v kovech s kubickou plošně centrovanou mřížkou. Za společný nedostatek dosavadních teorií označil skutečnost, že sice všechny dovedou vysvětlit velikost meze skluzu, ale nemají mechanismus, který by dokázal pohyb dislokací zastavit. To podle Hirsche platí i o dosud neúspěšnější teorii Seegerově. V závěru semináře vysvětlil teorii, kterou vypracoval společně s Mitchellem a jež je obměnou Seegerovy teorie. Již dříve přítomné bariéry (např. hranice zrn, podzrna a skluzové pásy) jsou překážkami, u nichž se hromadí dislokace. Napětí, jež se tak vytvoří, vyvolá skluz v sekundárním skluzovém systému a tak se zastaví činnost Frankových-Readových zdrojů. Přednáška dr. Hirsche vyvolala živou diskusi.

V. L. INDĚNBOM: *Vnitřní napětí v krystalech*. V tomto semináři se V. L. Iděnbom podrobně zabýval různými klasifikacemi vnitřních pnutí v krystalech. Za nejzávažnější z nich považuje klasifikaci podle zdrojů vnitřních pnutí. Na několika případech ukázal, že mnohdy nemá smysl rozlišovat mikroskopická napětí od makroskopických. Uvedl základní rovnice psané pro posunutí, napětí atd. a jejich řešení pro speciální problémy. Aplikoval je zejména na případy vnitřního napětí, jež vzniká při skluzu, dvojčatení a při porušení soudržnosti krystalu.

V. L. INDĚNBOM: *Vznik vnitřních napětí a dislokací při růstu krystalu*. Autor užil dislokační teorie popsané v předešlém semináři k výpočtu rozložení vnitřních napětí při tuhnutí a růstu krystalů. K jejich vzniku mohou přispět např. termoplastické napětí, strukturní napětí (jež souvisí

s obsahem poruch) a konečně i pnutí, jež souvisí s gradientem koncentrace nečistot. Soustředil se především na termoplastické pnutí a na vznik zbytkového pnutí v idealizovaném případě, když látka okamžitě ztuhne bez působení vnějších sil, a to v případě nekonečných vrstev různé tloušťky. Tyto teoretické výsledky byly potvrzeny pokusy se sklem, v němž lze poměrně snadno sledovat vnitřní pnutí pomocí dvojhlomu. V závěru semináře přednášející ukázal, jakým způsobem a podle jakých zákonů dochází k zotavení struktury s časem a jakými způsoby lze záměrně působit na dislokační strukturu rostoucího krystalu.

A. SEEGER: *Teorie vzniku poruch způsobených zářením*. Seminář byl rozdělen na dvě části — na teorii vzniku radiačního poškození a zotavení vzniklých radiačních poruch. V první části přednášky se prof. Seeger zabýval teorií kaskádního vzniku poruch účinkem různých druhů částic jak v kontinuu, tak i v krystalové mřížce. Ve druhé části věnoval pozornost především metodám, jimiž se odstraňují poruchy, které vznikly při ozáření. Probíraná látka byla doložena četnými výsledky pokusů a výpočtů.

|| A. HOWIE: *Teorie Braggova difrakčního kontrastu při zobrazení krystalů a jejich poruch elektronovým mikroskopem*. V semináři byla podrobně vysvětlena kinetická a dynamická teorie difrakce elektronů na dokonalé a porušené mřížce, jež slouží k interpretaci obrazů dislokací nebo shluků bodových poruch při jejich pozorování v elektronovém mikroskopu. Seminář byl doprovázen četnými fotografiemi.

Vedle přednášek a seminářů přispěla k informaci účastníků krátká sdělení o aktuálních problémech, která přednesli sami účastníci. Uvádíme pouze jejich seznam, neboť některé byly a jiné budou publikovány na jiném místě:

B. ESCAIG (Faculté des Sciences, Université de Paris, Orsay): *Difúzní pohyb neúplných dislokací*.

A. L. ROJTBURD: (Institut fiziki metallov i metallovedeniija, Moskva): *Teorie difúzního pohybu dislokací*.

J. BAŠTECKÁ (Fyzikální ústav ČSAV, Praha): *Elastická napětí kolem dislokace v železe*.

N. ZÁRUBOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ (Fyzikální ústav ČSAV, Praha): *Geometrie skluzu v monokrystalech křemíkového železa určená leptovou technikou*.

L. SMRČKA, K. MÍŠEK, J. BEDNÁŘ (Ústav fyziky pevných látek ČSAV, Praha): *Hustota zakaleného zlata*.

J. A. OSIPJAN (Institut fiziki metallov i metallovedeniija, Moskva): *Pozorování dislokací v čistém železe*.

V. SCHMIDT (Arbeitsstelle für Elektronenmikroskopie DAW, Halle). *Štěpná struktura soli kamenné*.

J. POLÁK (Ústav vlastností kovů ČSAV, Brno): *Termoelektrická síla vyvolaná vrstevnými chybami*.

R. VON JAN (Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart): *Kaskádní teorie poruch způsobených zářením*.

F. HEHL (Institut für theoretische Physik, Bergakademie, Clausthal): *Napětí vyvolaná dvojitými silami*.

K. THOMA (Institut für theoretische Physik, Technische Hochschule, Aachen): *Vliv bodových poruch na tepelnou vodivost*.

B. PEGEL (Institut für angewandte Physik der Reinstoffe DAW, Dresden): *Kmitající dislokace*.

M. ŻORAWSKI (Instytut podstawowych problemów techniki, PAN, Warszawa): *Metoda posunutí v teorii spojitého rozložení dislokací*.

Účastníci školy měli dost času k osobnímu seznámení a diskusím jak s účastníky školy, tak s přednášejícími, což zpravidla je největším přínosem takovýchto mezinárodních setkání. Přátelská atmosféra, která se vytvořila, měla velký podíl na dobrém průběhu letní školy.

Program školy byl obsáhlý a někdy i hodně časově náročný, přesto však byl přijatelný, neboť přednášky a semináře byly vhodně rozloženy během dne. Místo konání školy bylo dobře zvoleno, neboť zaručovalo klid k soustředění na náročné přednášky.

Převážná část přednášek a seminářů této letní školy bude shrnuta do anglicky psané publikace a vyjde v r. 1965 pod názvem „Theory of Crystal Defects“ v Nakladatelství ČSAV.

Přáli bychom si, aby i další letní školy, jež budou uspořádány v následujících letech (v roce 1965 letní škola o magnetismu a v roce 1966 pravděpodobně o fyzice nízkých teplot) skončily s takovým ohlasem mezi posluchači i přednášejícími jako tato škola.

*Karel Míšek, Juliána Baštecká*

## Z PORADY O MODERNIZACI VYUČOVÁNÍ MATEMATICE

Jednota československých matematiků a fyziků uspořádala společně s Pedagogickým ústavem J. A. Komenského ČSAV v Praze ve dnech 8. a 9. října 1964 v Domě vědeckých pracovníků v Liblicích pracovní poradou o zahájení pokusu v modernizaci vyučování matematice na experimentálních školách.

Tato porada je v pořadí čtvrtou pracovní poradou připravující modernizační pokusy na našich školách. O první z nich, konané v Liblicích v květnu 1963, přinesly „Pokroky“ zprávu v VIII. ročníku na str. 302. Další dvě pracovní porady se konaly v říjnu 1963 ve Smolenicích na Slovensku a v květnu 1964 v Liblicích.

V školních letech 1962/63 a 1963/64 pracovaly v Praze, Brně a Bratislavě v rámci ÚPKM JČMF tzv. modernizační kroužky; tyto kroužky připravily materiál, na základě něhož byl sestaven pokusný učební text pro 6. třídu ZDŠ (hlavní autor J. Vyšín) a instrukce pro pokusné vyučování v 1. roč. ZDŠ určené pro učitele (autor K. Hruša). Oba elaboráty byly zrecenzovány a po provedených úpravách jich bude použito k předběžnému pokusu v letošním školním roce na experimentálních ZDŠ v Praze, v Brně a v Bratislavě. V 6. ročnících se budou zkoušet některé vybrané partie pokusného textu ve dvou hodinách pokusného vyučování, do něhož jsou zařazeni žáci dobrovolně přihlášení; jinak se ovšem letos učí ve všech ročnících experimentálních ZDŠ podle platných osnov a učebnic. V některých prvních ročnících ZDŠ vyzkoušejí učitelé v rámci normálního vyučování některé postupy a metody zpracované v instrukci pro pokusné vyučování.

Pracovní porada v Liblicích měla za úkol analyzovat uvedené pokusné texty a pracovní metody a projednat otázku sepětí matematiky a fyziky. Této porady se zúčastnili pozvaní pracovníci, kteří se výrazně podílejí na přípravě a provádění pokusu, zvláště také učitelé experimentálních škol. Protože se pokus má konat v úzké spolupráci s psychologoy a pedagogy, byl do programu zařaděn také referát psychologa.

Na poradě byly předneseny tyto čtyři referáty:

1. FR. DUŠEK: Pokusný text pro 6. třídu z odborně didaktického hlediska.
2. J. TAŘIL: O návrhu modernizace početního vyučování v 1. ročníku ZDŠ.
3. P. ŘÍČAN: K některým psychologickým problémům modernizace matematiky ve škole.
4. M. CHYTILOVÁ: Spolupráce při přípravě a průběhu pokusného vyučování matematice a fyzice na experimentálních školách.

Ke všem těmto referátům se přimykala obsáhlá a věcná diskuse.

V referátech a v diskusních příspěvcích bylo konstatováno, že text pro 6. třídu je originální, že jde o práci průkopnickou, kterou je třeba hodnotit hledisky a potřebami příštích generací. Prostředky moderní techniky usnadní a zpřesní provádění složitých početních operací, takže úplně odpadne učení se početním mechanismům, jimiž je dnešní škola ještě zatížena, a práce šlovice se přesune na pole logických úsudků, na něž se náročnost zvětší. V dnešním vyučování je zakořeněn konzervatismus, který brání prolínání prvků moderní matematiky do tradiční školské látky. Pokusný text spočívá na množinovém podkladě, který je jednotící ideou současné matematiky. Je ukázkou, jak lze obsah a metody vyučování matematice modernizovat.

Text byl s. DUŠKEM i přítomnými učitelí, kteří jej zkoušeli, označen za přiměřený. Riziko, že by někteří slabší žáci zaostali za žáky normální třídy, je zcela nepatrné. Připomínky týkající se vhod-