

Výzkumné okruhy AV ČR

Schváleno na 34. zasedání Akademické rady AV ČR dne 3. 11. 2015

1. Struktura hmoty a vesmíru

Garant: Prof. Jiří Chýla, CSc. (FZÚ)

Výzkumný okruh Struktura hmoty a vesmíru zkoumá strukturu a vlastnosti hmoty na dvou velmi rozdílných škálách – těch nejmenších i těch největších dosažitelných vzdálenostech. První jsou tradičně doménou fyziky elementárních částic, ty druhé astrofyziky a kosmologie. Jedním z nejpozoruhodnějších rysů současné fyziky je přitom stále patrnější úzká souvislost mezi fyzikou elementárních částic a kosmologií. Vznik a vývoj vesmíru nelze pochopit bez znalosti základních stavebních kamenů hmoty a sil mezi nimi působících. Vesmír je také laboratoří, v níž dochází k procesům, které nejsme schopni realizovat ani na největších pozemských zařízeních, jako jsou například urychlovače částic. Otázky, z čeho je složena hmota na fundamentální úrovni, jak vznikl vesmír a jak se vyvinul do současného stavu, jsou ty základní, na něž hledají odpovědi fyzika elementárních částic, kosmologie a astrofyzika.

Současné znalosti o struktuře hmoty na fundamentální úrovni jsou shrnuty v tzv. standardním modelu částicové fyziky. Základními stavebními kameny veškeré hmoty ve vesmíru jsou podle současných poznatků tři generace kvarků a leptonů, mezi nimiž působí čtyři typy sil: elektromagnetické, slabé, silné a gravitační. Standardní model úspěšně popisuje první tři typy sil a byl úspěšně završen objevem Higgsova bosonu v roce 2012. Tento model však nepopisuje gravitaci, obsahuje 25 volných parametrů a elektromagnetické, slabé a silné interakce v něm nejsou plně sjednoceny.

Podobně existuje i standardní kosmologický model, jenž vychází z představy, že námi pozorovaný vesmír vznikl během extrémně krátké etapy nesmírně prudkého rozpínání prostoru, tzv. inflace. Ta byla též zdrojem nehomogenit hustoty energie, v jejichž důsledku vznikly ve vesmíru i struktury, jako jsou galaxie a hvězdy. Existuje řada teoretických představ, jak standardní model mikrosvěta a kosmologický model vesmíru rozšířit a doplnit a odpovědět tak na základní otevřené otázky:

- co jsou základní objekty hmoty, zda částice nebo vícerozměrné struktury (struny),
- zda existují dosud nepozorované partnery známých částic, v rámci tzv. supersymetrie,
- jaké jsou hmotnosti neutrin,
- kolik prostorových dimenzí existuje,
- jak se chová hmota v extrémních podmínkách raného vesmíru,
- jak popsat plné sjednocení interakcí standardního modelu a kvantovou gravitaci,
- jak vznikly ve vesmíru struktury (hvězdy a galaxie),
- co tvoří tzv. temnou hmotu a co je podstata tzv. temné energie,
- co bylo hnacím motorem kosmické inflace.

Výchozí metodou hledání odpovědí na tyto otázky je zkoumání srážek protonů, atomových jader a leptonů na velkých urychlovačích a také zkoumání kosmického záření různého druhu: jak nabitých částic, tak fotonů a neutrin.

Pracovníci Akademie věd ČR se podílejí na hledání odpovědí na většinu z uvedených otázek. V rámci velkých mezinárodních kolaborací provádějí experimenty především na urychlovačích LHC v CERN, RHIC v Brookhavenu a Tevatron ve Fermilab v USA a v mezinárodních observatořích ALMA, Auger a CTA. Velmi těsná a široká mezinárodní spolupráce je základní charakteristikou výzkumu v této oblasti. Rozsáhlý experimentální program je doprovázen intenzivním teoretickým výzkumem, především v oblasti teorie strun, interakcí hadronů a jader a dynamiky vzniku a vývoje hvězd.

S využitím kvalitní přístrojové infrastruktury jsou v ústavech AV ČR navrhovány, vyvíjeny a konstruovány nové typy detektorů elementárních částic. Ty jsou pak součástí velkých mezinárodních experimentálních zařízení, za jejichž provoz pracovníci AV ČR spoluodpovídají.

Pracoviště AV ČR jsou také důležitými uzly mezinárodních výpočetních a komunikačních sítí, jež jsou dnes v této oblasti nepostradatelné a využívají se pro zpracování a vyhodnocení obrovského množství experimentálních dat. I na této činnosti a konečné fyzikální analýze se podílejí pracovníci AV ČR.

Pracoviště AV ČR hrají významnou roli i při zapojování České republiky do mezinárodní spolupráce v technologicky vysoce náročném kosmickém výzkumu (např. v rámci Evropské kosmické agentury - ESA) a při studiu vesmíru s pomocí nejmodernějších pozemských observatoří (naši vědci a inženýři působí na stanicích Evropské jižní observatoře - ESO). Tyto aktivity nejenom podněcují úzké kontakty na vědecké úrovni, ale současně také vytvářejí spektrum příležitostí pro české průmyslové firmy. Jedná se mj. o konstrukci komponent pro palubní přístroje vesmírných družic, které musí být plně funkční i v extrémních podmínkách kosmického prostoru za hranicemi zemské atmosféry. Jde také o realizaci mimořádně citlivých přístrojů a teleskopů, jako jsou např. rádiové a infračervené interferometrické soustavy, nebo budoucí největší dalekohled světa (E-ELT o průměru hlavního zrcadla 40 m), jehož konstrukce byla v nedávné době započata mezinárodním konsorciem s účastí ČR. Tyto aktivity zahrnují rovněž výzkum Slunce, meziplanetárního prostoru, planet a nejbližšího kosmického okolí Země včetně praktických aplikací tohoto výzkumu.

Výzkum v oblasti fyziky mikrosvěta i makrosvěta nejen poskytuje odpovědi na základní otázky existence vesmíru, ale je také hnacím motorem vývoje nových technologií, které tyto obory potřebují pro jeho uskutečnění. Před 25 lety byl například přímo v CERN vyvinut internetový systém WWW se všemi jeho složkami. Byl určen pro potřeby experimentů na urychlovači LEP, předchůdci nynějšího LHC. Detektory vyvinuté původně pro detekci částic vznikajících ve srážkách na urychlovačích se dnes běžně používají v lékařské či technické diagnostice. Takové detektory vyvíjejí i pracovníci AV ČR jako součást svého výzkumného programu.

Nejbližších několik let slibuje přinést v tomto oboru zásadní nové poznatky, a to především v souvislosti s opětovným spuštěním urychlovače LHC v CERN na jaře roku 2015. Buď se ukáže, že dnešní teoretické představy o ještě hlubší úrovni struktury hmoty a vesmíru jsou správné, nebo nám nové experimentální poznatky naznačí směr, kterým se bude fyzika v této oblasti dále vyvíjet.

2. Matematika a informatika

Garant: Prof. Ing. Michal Haindl, DrSc. (ÚTIA)

Matematika je abstraktním jazykem vědy, který již před staletími překročil hranice původní Aristotelovy definice vědy o veličinách (diskrétních – aritmetika a spojitých – geometrie), a spolu se spřízněnou vědou o informacích a jejich matematickém zpracování – informatikou – stále více podmiňuje další vědecký pokrok i v tak zdánlivě vzdálených oblastech bádání, jako jsou humanitní vědy nebo biologie. Neustále rostoucí objem poznatků v jednotlivých vědních oborech, jejich pochopení a využití pro další rozvoj poznání se již neobejde bez reprezentace těchto znalostí ve formě vhodných matematických teorií a jejich aplikací prostřednictvím informatických systémů. Podobně i lidská společnost žije ve stále složitějším prostředí, jehož bezpečné fungování vyžaduje aplikace netriviální matematiky. Rostoucí závislost lidstva na složitých systémech informačních technologií vyžaduje řešit problematiku jejich bezpečnosti a spolehlivosti.

Aby bylo možné tyto stále rozsáhlejší a složitější systémy úspěšně využívat, je nezbytné v předstihu rozvíjet odpovídající úroveň znalostí matematiky a informatiky, které tvoří jejich teoretický základ.

Řešení současných výzev matematiky a informatiky přesahuje národní možnosti jakéhokoliv státu. Je to úkol pro mezinárodní základní výzkum, do něhož se zapojuje i Akademie věd ČR. Mezi základní otázky obou vědních oblastí přitom patří:

- jaká jsou řešení aktuálních klíčových problémů v oblastech matematické analýzy, statistiky, algebry, topologie, geometrie, diferenciálních rovnic a numerické matematiky, která podmiňují další pokrok v jejich aplikacích pro potřeby společnosti,
- jak navrhnout mnohorozměrné matematické modely tak, abychom dokázali najít jejich optimální strukturu, odhadnout neznámé parametry a predikovat data popsaná modelem,
- jak lze matematicky modelovat složité (dynamické) systémy tak, aby chování modelu co nejlépe odpovídalo studovaným vlastnostem přírodního nebo společenského jevu,
- jak efektivně získávat znalosti z rozsáhlých mnohorozměrných dat,
- zda existují lepší výpočetní paradigmatata.

Odpovědi na výše uvedené otázky hledáme v rámci hlavních témat výzkumného okruhu Matematika a informatika. Vědci v AV ČR řeší – často ve spolupráci se zahraničními kolegy – obecné problémy různých oblastí matematiky, matematického modelování složitých systémů přírodních, energetických nebo ekonomických včetně lidského mozku, atmosféry a klimatického systému Země, proudění tekutin, vlastností inteligentních materiálů, obrazové informace a jiných jevů, které zásadním způsobem ovlivňují lidský život.

Výzkum v informatice je zaměřen na zpracování, reprezentaci a rozpoznávání mnohorozměrných dat, což zahrnuje zejména zvukové, textové a obrazové informace, stochastickou informatiku, metody umělé inteligence, dynamické nelineární řídicí systémy, algoritmickou nerozhodnutelnost a teorii důkazové složitosti.

V oblasti numerické matematiky, vědeckotechnických výpočtů a matematického modelování jde především o řešení náročných matematických, složitostních a algoritmických aspektů moderních výpočetních postupů, o optimalizaci a nelineární programování a numerické řešení diferenčních a diferenciálních rovnic.

Výzkum přináší nejen odpovědi na teoretické problémy obou věd, ale reaguje i na bouřlivý rozvoj výpočetní techniky, informačních technologií a všudypřítomných snímačů stále větších objemů dat. Umožňuje tak řešit stále složitější problémy moderní společnosti, ale zároveň s tím vznikají nové a stále náročnější vědecké výzvy v oboru matematiky a informatiky.

Dosažené vědecké výsledky mohou využívat příbuzné matematické disciplíny a další vědní obory, nacházejí však uplatnění i v mnoha praktických aplikacích, ať už jde o řízené prostředí ve formě internetu věcí, o řízení složitých dopravních systémů, vyhledávání informací v distribuovaném prostředí internetu nebo o optimalizaci a individualizaci lékařské péče.

3. Buňky a organismy

**Garanti: prof. RNDr. Eva Zažímalová, CSc. (ÚEB a BC),
prof. RNDr. Jan Zima, DrSc. (ÚBO)**

Buňka je nejmenší funkční jednotkou živého organismu nesoucí genetickou informaci a lze ji považovat za základ života. Podrobná znalost stavby, chování a funkcí různých buněk až na úroveň jejich částí a biochemických dějů v nich probíhajících je nezbytnou podmínkou pro pochopení dějů v živých organismech. Buněčná biologie má proto zásadní význam pro vědní oblasti zabývající se živou přírodou a v aplikované formě i pro lidskou a veterinární medicínu. Zasahuje do celé řady dalších vědních disciplín (především do navazujících biologických, ekologických, lékařských a zemědělských věd) a také z mnoha jiných oblastí čerpá (např. z fyziky, chemie, matematiky).

V současné době jsou na komplexní výzkum buňky, na něž se zčásti zaměřuje i výzkumný okruh Buňky a organismy, vynakládány mimořádné prostředky a v rámci velkých projektů je studována stavba genomu a způsob přepisu v něm kódované genetické informace, který ústí v produkci rozmanitých proteinů a dalších metabolitů. Již nyní je však zřejmé, že „přečtení“ genomů a vytváření souborů produkovaných molekul představuje v pochopení způsobu fungování buňky jen první krok. Výzkum na buněčné úrovni přirozeně souvisí s poznáním jak na úrovni molekulární, tak i na úrovni celého organismu, a rovněž celých společenstev organismů a ekosystémů.

V následujících letech budeme čelit výzvám spojeným s odhalováním mechanismů přenosu genetické informace do komplexních a vzájemně provázaných buněčných funkcí a jejich regulace. Už nyní v dané oblasti dochází k výraznému pokroku, který otřásá zavedenými paradigmaty, jako je např. objev malých molekul RNA s regulační funkcí.

Poznání a pochopení struktury a funkcí buňky, organismů a společenstev představuje obrovskou výzvu pro základní biologický výzkum ve 21. století a bude se zaměřovat především na následující problematiku:

- studium nukleových kyselin pomocí stále dokonalejších molekulárních technik,
- výzkum vývojových procesů v ontogenezi spolu s poznáváním postupné exprese genů a jejich součinnosti při diferenciaci buněk, jež vede k integraci a organizaci mnohobuněčných organismů,
- poznávání fylogenetického vývoje organismů pomocí rozsáhlých souborů sekvenačních dat stále větších úseků DNA,
- využití poznatků o proměnlivosti DNA k určení genealogických vztahů a k ekologickému a behaviorálnímu výzkumu v rámci nového oboru molekulární ekologie,
- využití pokročilé technologie a stále se zdokonalujícího vyspělého přístrojového vybavení pro analýzu buněk, tkání či pletiv, orgánů, celých organismů a jejich společenstev s důrazem na získání nejen kvalitativních, ale také kvantitativních informací,
- matematické a statistické zpracování takto získaných údajů a následné, na těchto datech založené modelování buněčných procesů i procesů v orgánech, organismech a společenstvech na kvantitativní úrovni,
- pochopení návazností a vzájemných vztahů jevů probíhajících na úrovni DNA a v ní vložených genů, RNA a proteinů (včetně jejich posttranslačních modifikací) i na úrovni buňky a jejích částí, tkání a pletiv, orgánů, organismu a v budoucnu rovněž společenstev organismů v interakci s jejich prostředím, tedy celých ekosystémů.

Komplexní přístup k biologickému poznání a nové výzkumné výzvy vyžadují silné multidisciplinární zázemí a nacházení nových experimentálních metod (včetně těch, které jsou vhodné pro levnou analýzu biomakromolekul a jejich komplexů). Akademie věd ČR a její síť specializovaných pracovišť působících v nejrůznějších úsecích dnešního biologického, chemického a fyzikálního výzkumu, jak je uvádějí další výzkumné okruhy (např. okruhy Zdraví člověka, Země a životní prostředí, Nové materiály i Metody a nástroje poznávání), má velký potenciál a dobré předpoklady výrazně přispět k řešení zásadních otázek struktury, organizace a funkce života nastíněných výše. Multidisciplinární přístupy se zde již uplatnily a stále uplatňují ve velmi úspěšném výzkumu biofyzikálních aspektů struktury a funkce nukleových kyselin a proteinů, v mapování a sekvenování velkých genomů, v poznání principů regulace genové exprese, morfogeneze, epigenetických aspektů dědičnosti a evolučních vztahů, ve výzkumu mechanismů regulace buněčného dělení, v poznání metabolických procesů a mechanismů hormonální regulace vývoje buněk, tkání, pletiv, orgánů i celistvých organismů, ve výzkumu interakcí mezi organismy, v poznávání principů a mechanismů regulace biodiverzity až po porozumění struktuře a funkci celých ekosystémů.

Mnohé získané poznatky mají a budou mít stále větší potenciál pro využití v biotechnologiích a lékařském výzkumu. Lze tak očekávat, že rychlý rozvoj biologie buňky a organismů a moderních biotechnologií bude mít pozitivní vliv i na sféru zdravotnickou i průmyslovou.

4. Zdraví člověka

Garant: RNDr. Hana Sychrová, DrSc. (FGÚ)

Výzkumný okruh Zdraví člověka se věnuje mnoha úrovním poznání lidského organismu a jeho fungování ve zdraví i v nemoci – od zkoumání podstaty onemocnění na molekulární a buněčné úrovni až po studium celého organismu, od poznávání všech aspektů embryonálního vývoje až po charakterizaci projevů stárnutí, od popisu fyziologických a metabolických procesů ve zdravém organismu až po objasnění odchylek vedoucích k onemocnění.

V obecné rovině vedou onemocnění a jejich následky k dlouhodobému či trvalému snížení kvality života a závažným socioekonomickým problémům. Pro účinnou prevenci a pochopení příčin vzniku chorob, pro jejich léčbu a omezení jejich dopadu na jedince i společnost je zcela zásadním předpokladem kvalitní mezioborový základní výzkum. Ať už v případě civilizačních chorob, infekčních onemocnění či geneticky podmíněných zdravotních problémů je pro nalezení nových a účinných způsobů léčby vždy třeba podrobně poznat a popsat základní vztahy struktury a funkce molekul, buněk a orgánů ve zdravém organismu a zároveň studovat molekulární, buněčné, systémové a populační odchylky vedoucí k rozvoji onemocnění. Pouze z detailního objasnění normálních a patologických dějů v lidském organismu, které je výsledkem základního biomedicínského výzkumu, a následného propojení s nejnovějšími poznatky souvisejících technických oborů může vyjít orientovaný výzkum zaměřený na rozvoj nových preventivních opatření, vyšetřovacích a diagnostických metod, léčebných postupů či na vývoj nových léčiv a specializovaných pomůcek. Výsledkem výzkumu bude nejen zlepšení léčby a kvality života, ale také účelnější využívání finančních prostředků investovaných do zdravotnictví.

Biomedicínský výzkum bude na pracovištích AV ČR zaměřen zejména na zodpovězení řady závažných aktuálních otázek, mezi něž patří:

- jak zlepšit prevenci, diagnostiku a léčbu závažných civilizačních chorob a geneticky podmíněných onemocnění,
- jak ovlivnit imunitní systém, aby byl vždy jen dobrým sluhou a nikdy zlým pánem,
- jak nejúčinněji bojovat s infekčními chorobami a zvyšující se rezistencí patogenů vůči běžným léčivům,
- jak předcházet zhoubnému bujení buněk, včasně je diagnostikovat a léčit,
- jak předcházet neplodnosti v reprodukčním věku a léčit ji,
- jak co nejrychleji využít výsledky špičkových biotechnologií a experimentální transplantační a regenerativní medicíny v léčebné praxi,
- jak rozvíjet léčebné postupy v rámci personalizované medicíny.

Plné využití stávajících a vznikajících infrastruktur biomedicínského výzkumu, zejména bohatého moderního přístrojového a technologického portfolia pracovišť Akademie věd, je nutným předpokladem pro získání špičkových primárních výsledků základního i orientovaného biomedicínského výzkumu, a pro následnou aplikaci těchto výsledků v léčebné praxi.

V rámci AV ČR se na řešení otázek výzkumného okruhu Zdraví člověka budou podílet převážně pracovníci ústavů zaměřených na vědy o živé přírodě a chemické vědy. Nezbytný komplexní a multidisciplinární přístup však bude doplněn i o specifické aktivity ústavů dalších vědních oblastí. Těžiště výzkumné činnosti v okruhu Zdraví člověka bude založeno na propojení základního a preklinického výzkumu, na úzké spolupráci s klinickými pracovišti a farmaceutickými firmami a na účasti v mezinárodních konsorciích zaměřených na biomedicínský výzkum v rámci priorit vymezených EU. Právě úzké propojení základního biomedicínského výzkumu, poznávajícího struktury a mechanismy fungování molekul, organel, buněk, tkání a orgánů a celého lidského organismu, a aplikovaného výzkumu cíleného na vývoj no-

vých léčiv, diagnostických metod, tkáňových a orgánových náhrad a kompenzačních pomůcek, přispěje mj. k naplnění vládního programu „Zdraví 2020 – Národní strategie ochrany a podpory zdraví a prevence nemocí“.

5. Společnost a komunikace

Garant: PhDr. Pavel Baran, CSc. (FLÚ)

Společnost je standardně pojímána jako entita zahrnující jednotlivce, vztahy mezi nimi a instituce organizující její chod. Současnou společnost pak lze charakterizovat jako výrazně komunikačně, technologicky a ekonomicky provázanou, vyznačující se mnoha proměnami.

Předmětem aktuálního zájmu sociálních věd a humanitních oborů je prohlubující se diskrepance mezi globalizací a jejími lokálními projevy, tj. mezi neustále se zrychlujícími procesy a jejich statickými determinantami v podobě sociálních bariér a antropologických konstant. Důsledkem těchto často historicky podmíněných tenzí jsou rozpory, které přináší krize, konflikty, rizika a nová řešení jak na úrovni společnosti jako celku, tak i v rovině individuální. Krize ekonomické a politické povahy, rizika bezpečnostní, sociální i ekologická, konflikty náboženské, morální a interpersonální jsou reflektovány řadou vědních oborů s cílem aplikovat jejich poznatky ve „veřejném prostoru“.

Změny vyplývající z vývoje technologií posledních desetiletí a z proměn hodnotových orientací jsou ještě posilovány vysokou mobilitou a rozvojem komunikace. Proměňují se dlouhodobá kulturní paradigmat a formují nová. Vzhledem k tomu, že různé generace na ně reagují s různou mírou citlivosti, vznikají i mezigenerační konflikty. Výrazné změny probíhají také v distribuci bohatství ve společnosti, s čímž souvisí i rostoucí nerovnost v přístupu k informacím a nerovné komunikační pozice. Tato situace přináší rizika nového typu, jejichž identifikace, spolu s návrhem řešení, se stávají významnými tématy interdisciplinárního výzkumu.

Výzkumný okruh Společnost a komunikace postihuje zejména tři rozsáhlé tematické celky:

- analýza tenzí a rizik společnosti, jejího konfliktního a krizového vývoje, a to také v historickém kontextu,
- proměny společnosti v 21. století a návrhy veřejných politik,
- současné formy komunikace ve společnosti, jejich historické kořeny a nedávné proměny.

Dynamické proměny současné společnosti vyžadují řešení a pokud možno i prevenci konfliktů a krizových stavů společnosti. O nich je nutné efektivně diskutovat nejen v rámci akademické obce, ale i širší veřejnosti, a také jednat s politickou sférou. Odpovědi na otázky významné pro současnou společnost a pro formulaci veřejných politik hledají zejména interdisciplinární aplikované výzkumy zabývající se vztahem práva a morálky, ale také filozofie a etiky. Výzkumný okruh Společnost a komunikace zahrnuje badatelské aktivity pracovišť Akademie věd ČR v oblasti antropologie, psychologie, filosofie, historie, právních věd, ekonomie, politologie, sociologie, jazykovědy, věd o umění i dějin a teorie vědy. Zapojují se do zkoumání ekonomických procesů a ekonomického chování jednotlivců, migračních a demografických procesů, podobně jako do studia proměn vědních paradigmat, sociálních faktorů a determinant existence člověka, identity a hodnot posilujících soudržnost společnosti.

Základním nástrojem porozumění a předávání sdílených paradigmat jsou různorodé formy komunikace, jež se zásadně mění vlivem nových informačních technologií a nových komunikačních médií, přinášejících s sebou často též nezamýšlené důsledky a nová specifická rizika. Její proměny ovlivňují interakce významných společenských aktérů, jednotlivců a skupin, komerčních subjektů a demokratických institucí. Rovněž tyto proměny komunikační sféry se stávají předmětem výzkumu. V poslední době nabývá na významu otázka komunikace i s nedemokratickými aktéry, fundamentalisty a teroristy. V této souvislosti se studují rizika i dysfunkce řady komunikativních procesů, a to jak kolektivní, tak i individuální povahy.

Výše zmíněné historické i recentní proměny se promítají do vzorců komunikativního jednání i do příležitostných komunikačních strategií uplatňovaných uvnitř jednotlivých skupin i mezi nimi, do jazyka politiky i umělecké tvorby, stejně jako do komunikace mezi vědci a společ-

ností a mezi jednotlivými vědními obory. Jejich výzkum proto vyžaduje interdisciplinární přístupy širokého spektra vědních oborů, a to nejen humanitních a sociálních věd. Tento výzkumný okruh současně otevírá prostor pro dialog mezi akademickou a veřejnou sférou, prostor pro spolupráci s mezinárodními institucemi a dalšími výzkumnými a univerzitními pracovišti. Získávané poznatky o výše zmíněných jevech a procesech poskytují nezávislou znalostní reflexi a vytvářejí předpoklady pro kvalitní veřejné politiky.

6. Paměť a dějiny

Garant: Prof. PhDr. Pavel Janoušek, CSc. (ÚČL)

Výzkumný okruh Paměť a dějiny zkoumá a spoluutváří to, co patří k základním vlastnostem lidské společnosti: vědomí vlastní identity. Východiskem je propojení aktuálně žité přítomnosti s poučením z minulosti. Věcná a hodnotová analýza minulého je totiž nezbytnou podmínkou pro sebereflexi a sebedefinici každého jednatelského subjektu, jakož i východiskem pro optimalizaci jeho budoucích činů. Již od vzniku lidské civilizace tak jednotlivá kolektiva, etnika, náboženská společenství, národy a státy vědomě pěstují ty formy myšlení, které jim umožňují definovat sama sebe, svou minulost a své místo v prostoru a čase.

Od nejstarších, prehistorických dob, přes formování dějinného vědomí jednotlivých národů až do doby dnešní, kdy se toto vědomí potýká s fenoménem globalizace, prošla lidská civilizace různými stádii, formami života i myšlení, což utvářelo materiální a duchovní kulturu jednotlivých společností. Objevování této minulosti a určení jejího podílu na našem dnešním životě je jedním ze základních předpokladů znovunalezení historické a kulturní paměti komunity, národa, společnosti, lidstva.

Jednou z výzev pro současné humanitní a historické bádání je přitom vědomí, že „pravda dějin“ je historicky limitovaná konstrukce, a jako taková není jednou pro vždy dána. Její formulování vychází z kvalifikovaného studia historických pramenů, neustále však musí být prověřováno prostřednictvím funkční vědecké komunikace, v dialogu a ve střetu různých názorů a postojů. Historická paměť vyrůstá z poznání, k němuž dospěli předci, a zároveň toto poznání nevnímá jako závazné dogma, nýbrž jako výchozí stupeň k tvořivému tázání. Cílem studia dějin a paměti proto není pouze sběr empirických dat a faktů, ale také (a především) jejich neustálá reinterpretace a přehodnocování.

Funkce a charakter kulturní paměti logicky spoluurčuje také orientaci pracovišť Akademie věd ČR, jež se věnují historickému bádání, ať již v oblasti filozofického myšlení, obecné historie, archeologie nebo ve sféře dějin jazyka, literatury, výtvarného umění, architektury, hudby, folkloru atd. Jejich činnost lze rozčlenit do tří rovin. První z nich je spjata s nezbytným heuristickým a materiálovým výzkumem a s jeho zveřejňováním, ať již prostřednictvím edic, slovníkových prací, výstav, výstavních katalogů, dokumentačních výstupů nebo nejrůznějších databází vzniklých na základě nových technologií. V tomto ohledu vytvářejí ústavy Akademie věd zázemí rovněž pro odborníky působící na vysokých školách.

Ke druhé rovině historického bádání pěstovaného v Akademii věd ČR by bylo možné vztáhnout pojem „operační paměť“ jednotlivých oborů. Znamená cílené vytváření prostoru pro individuální a týmový interdisciplinární vědecký výzkum, jenž je tak připraven dostatečně pohotově reagovat na aktuální vědecké a společenské výzvy, a sám také společnosti otázky aktivně klást, a tak se podílet na jejím rozvoji, a to v domácím i mezinárodním kontextu.

Třetí rovinu historického bádání představují práce teoreticky analyzující logiku procesů, s jejichž pomocí se paměťové a hodnotové představy o předmětu historických a kulturních studií konstruují. Naše představa o dějinách či kultuře je totiž vždy dána procesy samovolného i násilného „vzpomínání a zapomínání“, respektive procesy utváření určitých interpretačních norm a kánonů a procesy jejich rozkladu či boření. Poznání a pojmenování těchto procesů nám tak otevírá vědomí vlastní paměti, jejích hranic a její souvislosti s pamětí Evropy.

7. Země a životní prostředí

Garant: RNDr. Jan Šafanda, CSc. (GFÚ)

Výzkumný okruh Země a životní prostředí je zaměřen na studium procesů a jevů probíhajících v geosféře, hydrosféře, atmosféře a biosféře planety Země a na zkoumání jejich vzájemných vazeb. Hlavními metodami studia jsou pozorování a modelování klíčových procesů probíhajících na Zemi a v jejím bezprostředním okolí vedoucí k jejich hlubšímu pochopení. Díky stále kvantitativně i kvalitativně zlepšujícím se možnostem pozorování a modelování je možné více procesů a jevů studovat v planetárním měřítku a přibližovat se syntetickému pohledu na fungování Země jako celku.

Jedním z hlavních úkolů výzkumu Země je získávat a poskytovat znalosti o neživé i živé přírodě potřebné pro dlouhodobé a spolehlivé zajištění kvalitních životních podmínek lidstva i ochranu přírodních zdrojů a živé i neživé přírody jako celku. To zahrnuje např. usměrňování dopadů lidské činnosti na geosystémy a ekosystémy či vývoj strategií, jak čelit nebezpečným přírodním jevům. Mezi nejzávažnější výzvy patří poznání dynamiky zemského systému a s ní spojených rizik jako jsou variabilita počasí a klimatické změny, kosmické počasí, klesající dostupnost vodních a přírodních zdrojů, jejich udržitelné využívání a hospodaření s nimi, využití a ochrana půdy a péče o její kvalitu, dynamika ekosystémů, biodiverzita, ale i sociálně-politické a ekonomické dopady globálních změn. Přes výrazný pokrok v řadě oblastí současná úroveň porozumění rizikovým procesům a jevům stále nedostačuje k jejich spolehlivému popisu a předpovědi jejich chování (např. výskyt zemětřesení a odhad seismického ohrožení, dlouhodobá předpověď počasí a vývoj klimatu, tání ledovců a změny úrovně mořské hladiny atd.)

Pracoviště Akademie věd ČR svým výzkumem významně přispívají k řešení výše uvedených problémů. V oblasti přírodních hrozeb se jedná zejména, ale ne výlučně, o rizika hrozící České republice, jako jsou přirozená či lidskou činností indukovaná zemětřesení, sesouvání svahů, povodně, sucha, ale i méně vnímané, leč o to závažnější procesy degradace půdy včetně její eroze, znečišťování vodních zdrojů a ovzduší, geomagnetické bouře či kolize s mimozemskými tělesy.

V oblasti biosférických procesů jde o komplexní výzkum ekosystémů, jejichž správné fungování podmiňuje existenci lidské společnosti a umožňuje její rozvoj. Sem spadá i výzkum biodiverzity včetně hledání způsobů jejího zachování v současném světě, kdy míra čerpání přírodních zdrojů i využívání ekosystémových služeb naší civilizací naráží na meze, ve kterých je planeta Země schopna tyto potřeby dlouhodobě uspokojovat, a v některých případech tyto meze již pravděpodobně překračuje.

Studium řady těchto procesů a jevů přesahuje rámec ustálených vědních disciplín a vyvolává nutnost užšího propojení a spolupráce mezi jednotlivými vědními oblastmi, od studia procesů v nitru Země přes výzkum utváření jejího povrchu, fungování ekosystémů a nároků společnosti na ně až po studium vesmírných vlivů. Významný je i výzkum v dalších oborech jako např. studium zvyšování odolnosti a ochrany materiálů proti účinkům prostředí s širokou škálou pozitivních společenských dopadů, od snižování produkce odpadů přes zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti infrastruktury až po záchranu a zachování kulturního dědictví. Do řešení vážných problémů souvisejících s hrozbami devastace či vyčerpání některých surovinových zdrojů včetně vody se musí s ohledem na včasnou a adekvátní reakci společnosti výrazně zapojit i společenské vědy.

8. Zdroje a využití energie

Garant: Prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc. (ÚFE)

Další rozvoj lidské společnosti je nemyslitelný bez dostatku využitelné energie. Zajištění energie v různých formách, její přeměna, skladování a inteligentní distribuce tak představuje klíčový společenský problém, na jehož řešení se Akademie věd ČR podílí v rámci výzkumného okruhu Zdroje a využití energie. Jedním z jeho cílů je umět kompetentně odpovídat na odborné otázky, které při rozhodování státních orgánů o energetické politice zákonitě vznikají. Odpovědi musí být podloženy objektivními vědeckými poznatky vycházejícími z dlouhodobého systematického výzkumu založeného na obecném rozvoji poznání v těchto oblastech.

V dlouhodobé perspektivě má i v našich podmínkách klíčový význam využití obnovitelných zdrojů energie. Ty již nyní vstupují masivně do evropské energetické sítě a zásadně ji mění. V řadě případů obnovitelné zdroje (např. vodní, větrné či geotermické) dosáhly rentability i bez dotačních programů a prosazují se v přímé ekonomické soutěži s klasickými zdroji. Velkou výzvou se však stala jejich časová proměnlivost, která spolu s geografickou distribucí vede k významným rizikům pro rozvodné sítě. Zajištění spolehlivosti energetických systémů a efektivní využití zdrojů proto vyžaduje nové přístupy a znalosti, které lze získat pouze systematickým výzkumem větrné, solární i geotermální energetiky, a také inteligentních sítí pro distribuci energie. Zásadní význam má rozvoj nových možností a forem skladování energie, který musí vycházet z hlubokého fyzikálně-chemického výzkumu nových materiálů pro solární články i elektrické akumulátory.

Česká republika ve své Státní energetické koncepci i nadále počítá s rozvojem jaderné energie. Výzkum se proto zaměřuje i na pokročilé štěpné reaktory IV. generace i na využití řízené termonukleární fúze – potenciálně bezpečného a téměř neomezeného zdroje energie. Řešení takto náročných problémů není myslitelné bez intenzivní mezinárodní spolupráce. K ní Akademie věd ČR přispívá nejen studii fyzikálních procesů v tokamaku v rámci mezinárodního programu ITER, ale i vývojem materiálů s vysokou odolností vůči neutronovým a tepelným tokům. Zásadní význam pro jadernou energetiku má i vývoj nových metod pro určení seismického ohrožení elektráren i úložišť jaderného odpadu, které jsou zkoumány v rámci výzkumného okruhu Země a životní prostředí.

V současné době jsou a v nejbližších desetiletích stále budou základem produkce elektrické energie u nás tepelné elektrárny. Díky komplexnímu výzkumu palivových technologií včetně využití separovaných produktů spalování a energetického využití odpadů se jejich efektivita významně zvyšuje. Vědecký výzkum směřuje také k minimalizaci emisí a jejich neutralizaci např. formou zachycování a ukládání uhlíkových emisí.

Nejlepší cestou k zajištění dostatku energie i snižování emisí je však minimalizace spotřeby. Na ni je zaměřen výzkum nových materiálů a technologií využívaných v průmyslu, stavebnictví, dopravě, zemědělství i ve službách, veřejné sféře a domácnostech. Je proto třeba detailně studovat energetickou bilanci a životní cykly materiálů a chemikálií včetně důsledků jejich používání na životní prostředí a zdraví.

Díky svému širokému záběru zahrnujícímu přírodní, technické, humanitní i společenské vědy je Akademie věd ČR schopna cílit i na mezioborová studia vlivu energetiky nejen na životní prostředí, ale i na vývoj společnosti a sociální jevy v ní. Současně přispívá k výchově nových kvalifikovaných pracovníků ve všech oblastech významných pro další rozvoj energetiky, ať již jde o obnovitelné zdroje, jaderný průmysl, materiálové vědy nebo společenské a sociální jevy.

9. Nové materiály

Garant: Prof. Ing. Vladimír Mareček, DrSc. (ÚFCH JH)

Naše společnost vždy byla kriticky závislá na materiálech všeho druhu, a v budoucnosti se bude její závislost na vývoji nových materiálů se speciálními vlastnostmi dále zvyšovat. Platí to pro celou řadu oborů lidské činnosti zahrnující jak technické a technologické obory, tak obory biologické, biomedicínské a obory zabývající se životním prostředím. Z tohoto důvodu Akademie věd ČR považuje materiálový výzkum za jednu ze svých klíčových aktivit.

Ústavy Akademie věd ČR disponují vysoce kvalifikovanými a zkušenými výzkumnými pracovníky dlouhodobě spolupracujícími nejen s předními zahraničními vědeckými a výzkumnými pracovišti, ale i s průmyslovými podniky, farmaceutickými firmami a lékařskými institucemi. Výzkum v oblasti Nové materiály bude využívat i špičková a nákladná experimentální zařízení budovaná v rámci velkých výzkumných infrastruktur.

Materiálová věda je mimořádně obsáhlý multidisciplinární obor, kombinující poznatky a metodologie chemie, fyziky, biologie i medicíny. Výzkumný okruh Nové materiály zkoumá přípravu, vlastnosti, teoretické modely a predikci vlastností, možnosti využití a rovněž zdravotní rizika nových materiálů v makro-, mikro- i nanoměřítku. Kromě nových syntetických postupů rozvíjí metody výzkumu složení struktury materiálů a modelování vycházející z atomární struktury hmoty. K tomu účelu jsou vyvíjeny teoretické postupy a výpočty zahrnující modelování vlastností pokročilých materiálů, numerické simulace, počítačovou implementaci přesných metod kvantové chemie pro studium základních i excitovaných stavů molekul a jejich časový vývoj. Podobně se rozvíjejí metody pro sledování chemické reaktivity nových materiálů a jejich interakce s živými organismy a životním prostředím.

Řada ústavů oblasti věd o neživé přírodě, věd o živé přírodě a chemických věd v AV ČR dlouhodobě přispívá k řešení klíčových výzev v oblasti materiálových věd. Primárně jde o cílenou syntézu, produkci a charakterizaci nových materiálů, které vykazují požadované mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti a zachovávají je po celou dobu své upotřebitelnosti. Typickými příklady jsou materiály pro efektivní a udržitelnou výrobu energie, vysokoteplotní materiály a speciální konstrukční materiály, nanostrukturní katalyzátory a sorbenty či zcela nové biologicky aktivní molekuly a biomateriály pro aplikace v lékařské praxi nebo výzkum polymerů, schopných řízené samoorganizace do nadmolekulárních struktur. Výzkum je orientován na objasnění vztahu mezi mikrostrukturou a vlastnostmi materiálů a na obecné rozšíření poznání v materiálové oblasti.

Nové materiály jsou nezbytným východiskem nejen pro vývoj nových průmyslových aplikací a technologií, ale i pro pokrok biomedicínských oborů, jako jsou syntéza nových léčiv a jejich cílený transport v organismu či tkáňové inženýrství. Mají i zásadní význam pro rozvoj oborů zabývajících se skladováním a konverzí energie a ochranou životního prostředí. Vývoj nových vysoce selektivních chemických procesů je zárukou lepšího využívání energetických zdrojů s příznivým dopadem na životní prostředí. Unikátní vlastnosti nanomateriálů a nanočástic vznikajících a využívaných v řadě nových technologických procesů však mohou mít i negativní vliv na živé organismy. Proto se rozvíjí i biomedicínský výzkum toxicity nanomateriálů a nanočástic a jejich dopadu na životní prostředí.

Z obecného hlediska je vývoj nových materiálů jedním ze základních předpokladů rozvoje mnoha oborů lidské činnosti a zásadně přispívá k zajištění udržitelnosti kvalitního života.

10. Metody a nástroje poznávání

Garant: Prof. Ing. Josef Lazar, Dr. (ÚPT)

Metody a nástroje poznávání představují v nejširším smyslu metodologický základ vědy a výzkumu, základního i aplikovaného. Základem každého výzkumného projektu, a to v základním i aplikovaném výzkumu, je propracovaná metodologie zahrnující koncepční přístup k řešenému problému, postup řešení, a jde-li o experimentální výzkum, také přístrojové vybavení a způsob jeho použití. Bez komplexu špičkových nástrojů, přístrojů a dalšího vybavení by byl posun hranic poznání ve velké části vědních oborů nemyslitelný. Jedná se o přesné měřicí přístroje a o celou škálu vysoce sofistikovaných zařízení, často speciálních jednoúčelových vědeckých aparatur.

Vrcholem současného metodologicko-přístrojového výzkumu jsou velké výzkumné infrastruktury vzešlé ze spolupráce vědců a inženýrů. Patří mezi ně urychlovače částic pro fyziku vysokých energií, vysokovýkonné lasery pro studium nelineárních jevů, synchrotrony, fúzní reaktory, superpočítače, ale také přístroje pro analýzu genetického kódu, tak důležité pro dnešní biologii, nemluvě o technice pro výzkum kosmu a řadě dalších.

Metodologický výzkum a na něj navazující výzkum a vývoj speciálních přístrojů představuje hraniční obor mezi přírodními a technickými vědami. Právě charakter výzkumu na výzkumných pracovištích neuniverzitního typu, jakými jsou ústavy Akademie věd ČR, umožňuje dlouhodobou, systematickou a koncepční práci spojenou s budováním kumulativní základny znalostí, zkušeností a špičkových technologií. Ty jsou velmi důležité pro návrh a realizaci přístrojů a jejich dílů, které se často nacházejí na hranicích současných fyzikálních a technických možností a dále tyto hranice posouvají.

Vědci si přitom kladou především následující otázky a cíle:

- fundamentální filozofické a metodologické otázky poznávání, vědy a výzkumu;
- problémy získávání a zpracování obrazové informace, často prostorové, v reálném čase a související zpracování signálů a obrazů, matematický metodologický základ;
- otázky měření a kvantifikace, přesnost a nejistota měření, fundamentální metrologie;
- metody a nástroje pro nanotechnologie, vytváření nanostruktur, zobrazování a měření v nanosvětě;
- sensorika, biosenzory, spektroskopie, analytické metody pro biologii a chemii;
- budování a rozvoj technologické základny speciálních technologií, technických znalostí a zkušeností, nezbytných pro dosažení výše zmíněných cílů.

Výzkumný okruh Metody a nástroje poznávání zahrnuje aktivity ústavů především z oblastí věd o neživé přírodě AV ČR, a to zvláště Sekce aplikované fyziky, ale také řady ústavů oblasti věd o živé přírodě a chemických věd.

Základní otázky metodologie vědy a poznávání v nejširším smyslu představují problémy filozofického charakteru, kde má tento výzkumný okruh přesah do sekce humanitních a filologických věd, zejména filozofie. Významným a velmi aktuálním směrem je metodologický a přístrojový výzkum směřující do biologických a medicínských vědních oborů; zvláště zobrazovací metody v biologii a lékařství představují velké téma. V rámci platformy Bio-imaging je propojena řada pracovišť Sekce biologických a lékařských věd s matematiky a fyzikou. Úzké vazby technických oborů a ústavů sekce aplikované fyziky na fyziku a matematiku lze považovat za tradiční.

Hlavním cílem a motivací tohoto okruhu je podpora mezioborové spolupráce a transferu znalostí vedoucích k novému poznání a k aplikacím nejen v high-tech průmyslu. Na této cestě je možné pozorovat tři hlavní směry dalšího vývoje. Prvním je zvyšování přesnosti a rozlišení měřicích, detekčních a zobrazovacích metod. Druhou cestou je nárůst složitosti systémů:

kombinace více technik do jedné aparatury, např. analytických nástrojů (spektroskopie) se zobrazovacími aj. nabízejí novou kvalitu. Třetí je pak zavádění zcela nových metod a odpovídajících zařízení.

Velký aplikační potenciál tohoto výzkumného okruhu dokumentuje mimo jiné skutečnost, že řada speciálních přístrojů vyvinutých primárně pro potřeby vědy a často zpočátku určených vědecké komunitě si posléze našla cestu do sériové výroby a byla využita v řadě dalších oborů. Průmyslové zkušebnictví, defektoskopie, kontrola jakosti a metrologie spoléhají na nejmodernější měřicí a zobrazovací přístroje. Biologický výzkum a následně lékařská praxe jsou odběrateli té nejsložitější přístrojové techniky. Průmysl vědeckých, měřicích, zobrazovacích, diagnostických a jiných přístrojů, zahrnující obory optiky, mikroelektroniky a přesného strojírenství, je obvykle považován za měřítko vyspělosti národní ekonomiky.

Na poli mezinárodní spolupráce je zapojení technologicky a přístrojově zaměřených skupin a týmů běžné, neboť kvalitní technologické zázemí je vítáno v každém mezinárodním projektovém konsorciu. Zvláštní pozornosti si zaslouží účast českých vědců na velkých mezinárodních infrastrukturách, která se zdaleka neomezuje jen na základní výzkum a vědecké využití těchto infrastruktur, ale zahrnuje i na podíl na návrhu a vývoji aparatur. Jedná se např. o urychlovače a detektory částic systému CERN, o českou účast ve vesmírných programech ESO či v neposlední řadě i o zmíněnou platformu Euro-bio-imaging zaměřenou na přístroje a metody pro lékařské a biologické vědy.

11. Fyzikální děje v kondenzovaných látkách

Garant: prof. Mgr. Tomáš Kruml, CSc.

Polovodiče změnily za poslední půlstoletí podobu lidské civilizace k nepoznání – a přesto ještě stále nejsme u konce tohoto revolučního procesu. Elektronické součástky jsou materiálním základem současné počítačové techniky, informatiky, komunikace i kybernetiky. Při zrodu elektroniky (vynálezu transistoru a integrovaných obvodů) sotva bylo možné předvídat, že umožní současné propojení světa internetem. Elektronické součástky se stávají i součástí nás samotných – například v kardiostimulátorech a protézách, ale i v náhradních orgánech jako je umělá oční sítnice. Zapojení těchto součástek do veřejné komunikační sítě tak nastoluje i zásadní otázky o budoucí podobě člověka.

Exponenciální růst složitosti procesorů a zmenšování polovodičových prvků v souladu s Mooreovým zákonem vedlo ke vzniku oboru nanoelektroniky. Jeho rozvoj je v mnoha zemích podporován národními výzkumnými programy (National Nanotechnology Initiative v USA, Nanotechnologie pro společnost v ČR). Nanoelektronika je již realitou v současných obvodech typu CMOS, jejichž charakteristické rozměry se blíží 10 nm (např. v křemíkových nanodrátech či FinFET strukturách). Nanoelektronika nezahrnuje jen křemíkové obvody či polovodičové struktury odvozené od arsenidu nebo nitridu gallitého, ale i obvody založené na oxidech a diamantu. Elektronika využívá i komplementární prvky (aktuátory, senzory, kapacitory, displeje) založené na specifických fyzikálních jevech ve feroelektrikách, piezoelektrikách, kapalných krystalech, termo- či magnetoelektrikách.

Současné součástky jsou založeny na transportu a využití nábojů elektronů, ty budoucí by ale mohly využívat také spin elektronů. Spintronika může vést k významné změně architektury počítačů, které by mohly nově využívat i jevy kvantové relativistické fyziky. Ještě zásadnější změnu v kryptografii a spolehlivých komunikacích může přinést kvantové počítání využívající jevy kvantové optiky – kvantové koherence a kvantové provázanosti.

Zmenšování elektronických součástek (nyní s rozměry aktivních oblastí srovnatelnými s makromolekulami) přirozeně nabízí propojení i na úrovni molekulární elektroniky (využívající např. uhlíkové nanostruktury jako nanotrubičky nebo i jednotlivé molekuly). Pro praktické uplatnění nanostruktur jsou klíčová jejich rozhraní; mohutným rozvojem tak procházejí tzv. „dvojrozměrné“ materiály jako je grafen nebo topologické izolanty. Na tomto měřítku se také setkává elektronika s biologickými ději, a nanoelektronika se tak přirozeně spojuje i s medicínou. Využití fyzikálních jevů v těchto strukturách umožňuje vývoj senzorů s nebyvalou citlivostí, schopných detekovat projevy jednotlivých molekul či nanočástic.

Podobně jako elektronika, i fotonika prochází řadou převratných objevů – od objevu laseru v r. 1960 přes využití optických vláken pro přenos informace až po vynález světelných diod dovršených modrou luminiscenční diodou. Fotovoltaické využití slunečního světla představuje jeden z nejvýznamnějších trvale udržitelných zdrojů energie (viz výzkumný okruh Zdroje a využití energie). Nové unikátní zdroje laserového záření, plazmatu, rázových vln a dalších polí, zkoumané a vyvíjené mj. i na pracovištích Akademie věd ČR, umožňují pokročilé nanostruktury nejen vytvářet, ale i zkoumat jejich vlastnosti. Dosud jen málo prozkoumaným problémem je např. otázka stárnutí nanostruktur způsobeného jejich efektivním fungováním: čím více je struktura namáhána, tj. čím větší je v ní hustota energie a čím silnější je energetický tok součástkou, tím pravděpodobněji v ní může dojít k nevratným změnám, které negativně ovlivňují žádanou funkci. Pro praktické aplikace takových součástek je proto nezbytné porozumět procesům ovlivňujícím jejich životnost.

Fyzika zkoumá bohatství jevů v kondenzovaných látkách, které lze jen (neúplně) vyjmenovat: plazmonika, supravodivost, supratekutost, metastabilní stavy, balistický transport, jednoelektronové děje atd. Ještě širší škála jevů nastává v extrémních stavech hmoty při teplotách blízkých absolutní nule (např. jevy v Boseově-Einsteinově kondenzátu) nebo naopak při

vysokých hustotách energie (v plazmatu) nebo v exotických stavech při ultrarelativistických režimech interakce záření s hmotou (viz výzkumný okruh Struktura hmoty a vesmíru). V široké škále takových systémů hrají klíčovou roli silně vázané stavy hmoty, k jejichž popisu je výhodné využívat formalismu obvyklého spíše pro studium kondenzovaných látek než kolizního plazmatu.

Široká paleta jevů v pevných látkách také často inspiruje i fundamentální fyzikální teorie; ostatně i teorie Higgsova bosonu, jenž je zásadní součástí standardního modelu elementárních částic a jehož existence byla teprve nedávno experimentálně potvrzena, byla inspirována teorií pevných látek.