

Turnaj mladých fyziků (ne)soutěžně

Průvodce aktivitami inspirovanými Turnajem mladých fyziků: využití v běžné výuce, i podněty k vedení soutěžního týmu



1. O průvodci

U zrodu tohoto průvodce stály dva záměry, které se snažíme zohlednit a odlišit barevným formátem:

1) Na jednu stranu chceme poskytnout učitelům pokyny, které umožní využívat úlohy i celý přístup Turnaje mladých fyziků (TMF) pro badatelsky orientovanou výuku na středních školách. V průvodci proto učitelé naleznou návody a nápady k organizaci vyučování zaměřeného na rozvoj badatelských dovedností studentů. Tyto části jsou podbarveny zeleně a měly by učitelům napomoci zavést prvky TMF do vyučování. Kromě vítaného zpestření vyučování tak učitelé mohou studentům představit i vlastní soutěž. Doufáme, že tímto učitele podnítíme k vytváření projektů, které nakonec zvýší zájem studentů o fyziku.

2) Na druhou stranu bychom chtěli přispět k rozšíření základny řešitelů TMF tím, že pomůžeme učitelům i dalším lektorům zapojit do soutěže větší počet studentů. Ačkoliv je TMF všeobecně uznáván za mimořádně přínosný přístup ke vzdělávání, trpí tato soutěž poměrně vysokou vstupní bariérou jak pro učitele, tak pro žáky. Věříme, že se tímto průvodcem podaří tuto překážku odstranit. Prvky zaměřené na vlastní soutěž TMF jsou podbarveny modře a jejich základním cílem je napomoci učitelům v přípravě soutěžního týmu. Snažili jsme se, aby některé kapitoly byly přímo srozumitelné i studentům.

3) Oba záměry obsahují velké množství společných prvků. Odpovídající texty jsou podbarveny žlutě a uvádějí informace užitečné jak pro využití TMF ve výuce, tak pro přípravu soutěžního týmu.

2. Úvod

Obecně

2.1. Co je TMF

Turnaj mladých fyziků (TMF)¹ je týmová soutěž středoškolských studentů, která věrně napodobuje činnosti v aktuálním fyzikálním výzkumu. IYPT (International Young Physicist's Tournament, Mezinárodní TMF)² publikuje každoročně koncem léta zadání 17 otevřených úloh. Pro TMF je charakteristické, že řešení těchto úloh nebývá známé, případně že úplné řešení je pro středoškolské studenty příliš složité. Tento styl soutěže zdůrazňuje, že jejím hlavním cílem není nalezení „správného“ řešení, ale posouzení, jak dobré je dosažené řešení. Pětičlenné týmy studentů řeší tyto zadané úlohy do začátku dalšího léta, kdy probíhá vlastní mezinárodní turnaj, IYPT.

Na turnaji se při každém „fyzikálním souboji“ utkávají 3 týmy v rolích Referenta, Oponenta a Recenzenta.

Nejprve Oponent vybírá jednu z úloh a vyzývá Referenta k její prezentaci. Referent má na předvedení svého řešení úlohy 12 minut.

Poté má Oponent 2 minuty na kladení upřesňujících otázek, a 4 minuty na prezentaci svého kritického rozboru referátu. Navazující 10minutová diskuse mezi Oponentem a Referentem je nejzajímavější částí fyzikálního souboje. Hlavním rysem funkce Oponenta není kontrola výsledků Referenta, nýbrž rozbor postupů jeho řešení, vyzdvižení silných a slabých stránek jeho řešení, i způsobu, jakým bylo řešení prezentováno. Očekává se, že Oponent zhodnotí, jak bylo splněno zadání úlohy, rozebere Referentovo vysvětlení jevu, poukáže na případné nedostatky použité metodologie, nepřesnosti, nepochopení, a vyjádří se, zda jsou vyvozené závěry podložené. Je důležité, aby Oponent uměl pochválit dobrý referát, který neobsahuje žádná závažná pochybení; Oponent v tomto případě stále může získat dobré známky, a to za důsledný rozbor řešení. (Oponent nesmí v průběhu diskuse prezentovat svoje řešení; má reagovat výhradně na řešení Referenta.)

Recenzent má 2 minuty na kladení otázek Referentovi a Oponentovi. V průběhu 4 minut zhodnotí celý fyzikální souboj. Očekává se, že Recenzent posoudí prezentaci a závěry Referenta, rozbor řešení představený Oponentem, odpovědi Referenta na otázky Oponenta, smysluplnost a hloubku diskuse mezi Oponentem a Referentem, a upozorní na jakékoliv důležité body, které nebyly probrány. Recenzent by měl zřetelně vyjádřit svůj názor ke každému z témat, která během debaty zazněla.

Na závěr má prostor ke krátkým dotazům k vystupujícím i porota. Ta nakonec oznámkuje vystoupení Referenta, Oponenta, i Recenzenta.

¹ <https://tmf.fzu.cz/>

² <https://www.iypt.org/>

Je dobré si uvědomit, že každý tým může za oponenturu s recenzí dohromady získat stejný počet bodů jako za referát. Toto nastavení zdůrazňuje, že se soutěž zaměřuje nejen na vlastní řešení úloh, ale i na diskusi a vědeckou komunikaci, a na schopnost rychle porozumět a kriticky rozebrat cizí práci.

Z národních specifík stojí za zmínku rakouská varianta Turnaje mladých fyziků. V ní týmy sestávají pouze ze třech studentů místo pěti, a těmto malým týmům stačí vyřešit pouze libovolné tři úlohy z celé sady 17 úloh.

TMF je experimentálně orientovaná soutěž. Velký důraz je proto kladen na metody vědeckého bádání (dodatky 2 – 4). Výuka na středních školách ale zpravidla probíhá tradičně a studenti proto nebývají s těmito metodami obeznámeni. Mnohé prvky vědeckého bádání přitom mohou být zavedeny i do běžné výuky. Dobře prozkoumaným výukovým přístupem je systém ISLE (Investigative Science Learning Environment), který vedle vědeckých poznatků zdůrazňuje i „badatelský přístup“. Toto schéma je podrobně diskutováno v knize [1] a související aktivity jsou popsány v práci [2]. Pokud se studenti v běžné výuce seznámí alespoň s některými prvky „badatelského přístupu“, mají šanci si je osvojit a s využitím osnovy TMF se pak pro ně otevírá příležitost vyzkoušet si celý přístup od začátku do konce. Přínos zahrnutí badatelsky orientovaných úloh do výuky byl popsán v řadě publikací (dodatek 1).

Než přejdeme k další části, která popíše průběh prací na úloze TMF, doporučujeme čtenářům neobeznámeným s TMF, aby si prošli dodatek 5, který v kostce ilustruje celý proces bádání na příkladu vhodném pro výuku.

[1] E. Etkina, G. Planinsic, a. Van Heuvelen, *A 2019 College Physics: Explore and Apply*, 2. vydání (San Francisco, CA: Pearson).

[2] E. Etkina, D. Brookes, G. Planinsic, a. Van Heuvelen, *A 2019 Active Learning Guide for College Physics: Explore and Apply*, 2. vydání (New York: Pearson)

2.2. TMF a badatelsky orientovaná výuka

Badatelsky orientovaná výuka (Inquiry Based Learning, IBL) je nejvýstižnějším slovním spojením popisujícím metody výuky/studia založené na vlastním bádání v nejširším smyslu. Stejně spojení se ale také někdy používá pro popis specifické podmnožiny takových metod. Abychom předešli možnému nedorozumění, zdůrazňujeme, že pojem *badatelsky orientovaná výuka* je v tomto průvodci míněn vždy v tom nejširším smyslu, protože TMF je ve své podstatě jedním ze způsobů badatelsky orientované výuky i samostatnou metodu výuky/studia.

Navzdory nedávné vlně zájmu o badatelsky orientovanou výuku dodnes schází významnější mezinárodní soutěže oceňující dovednosti studentů při řešení otevřených úloh. Jediným kláním, o kterém víme, zůstává stále jenom IYPT (Mezinárodní turnaj mladých fyziků), z něhož byly později odvozeny soutěže jako IYNT (International Young Naturalists' Tournament), které stejně přebírají většinu rysů TMF.

Je pozoruhodné, že Mezinárodní turnaj mladých fyziků se objevil již v roce 1988, dlouhou dobu před tím, než se *badatelsky orientovaná výuka* stala módním pojmem. Turnaj se zrodil ve

specifické intelektuální atmosféře na moskevských výběrových školách zaměřených na vyhledávání a rozvoj talentovaných studentů v matematice a vědách. Protože zde byli zaměstnáni i špičkoví vědci, celkem přirozeně sem přinesli metody, témata i atmosféru z výzkumných institucí.

Mezinárodní TMF pak rychle přerostl svůj původ a rozvinul se do mezinárodního úsilí se širokým zastoupením a jedinečným stylem; přitom stále zachovává svoji původní myšlenku spočívající ve snaze dostat „opravdový“ výzkum mezi středoškolské studenty. V roce 2013 proto byla Mezinárodnímu TMF udělena medaile *Mezinárodní unie pro čistou a aplikovanou fyziku* (International Union of Pure and Applied Physics) za mimořádný příspěvek k mezinárodnímu vzdělávání ve fyzice.

2.3. TMF = badatelské úlohy + formát diskuse + ...

Máme-li shrnout, co je na TMF tak výjimečného, je to kombinace badatelských úloh a diskusního formátu soutěže (který rolemi Referenta, Oponenta a Recenzenta napodobuje starobyklou obhajobu akademických tezí).

Tyto pilíře jsou doplněny dalšími významnými charakteristickými prvky:

- TMF je týmovou soutěží a vyžaduje proto intenzivní spolupráci mezi členy týmu.
- Cílem řešení úloh TMF není dosažení/vypočtení „správné odpovědi“, protože žádná „správná odpověď“ na zadání úloh TMF neexistuje. TMF je orientováno na vyvozování závěrů. Účastníci proto musí navrhnout a provádět experimenty, a na základě jejich výsledků vyvozovat závěry.
- Účastníci pracují na zadaných problémech několik měsíců. Všechny experimenty, úvahy a závěry musí být hotové už před vlastní soutěží.

Soutěž vyžaduje velké množství experimentální práce i přípravu na obhajobu výsledků a jejich diskusi. Soutěž je proto poměrně náročná i pro studenty, kteří jinak velmi dobře zvládají řešení teoretických úloh.

Úlohy TMF jsou úmyslně zadávány velmi široce (zadání pravidelně obsahuje fráze jako „Prozkoumejte jev“, „Jaká je závislost na relevantních parametrech“ atd.). To otevírá prostor pro rozmanité interpretace a týmy proto mohou k řešení téže úlohy přistupovat naprosto rozdílnými cestami. Všechny způsoby řešení jsou oprávněné, dokud se drží zadání úlohy. Týmy jsou známkovány podle hloubky pochopení problému dosažené ve svém bádání.

Práce na úlohách TMF ve třídě i v soutěži

3. Výběr úlohy a příprava

Obecně

Všechny aktivity spjaté s TMF nevyhnutelně vyžadují množství experimentální práce. To znamená:

- Mít k dispozici alespoň nějaké experimentální vybavení.
- Studenti musí mít čas experimenty provést.

Úlohy do vyučování je potřeba vybírat naprosto odlišně, než když budeme připravovat soutěžní tým:

- Úlohy do **vyučování** by měly být zvládatelné pro většinu studentů. Lepším studentům by přitom měly nabízet širší pole působnosti (dodatek 5). Úlohy se nemusí omezovat pouze na zadání TMF v aktuálním roce.
- K účasti na **TMF** je v podstatě nutné vyřešit 14 úloh a mít určitý přehled i o zbývajících třech. Možnosti volby jsou tedy omezené, nicméně taktizováním ve fyzikálních soubojích mohou týmy uspět i s menším počtem dobře vyřešených úloh.
- V **regionálních kolech českého TMF** stačí, aby měl Referent vyřešeno 10 úloh.
- V **rakouském TMF** jsou vyžadována řešení pouze 3 úloh. Prostor pro výběr úloh je tak podobný jako do vyučování, nicméně je nutné vybírat pouze ze zadání aktuálního ročníku TMF.

Výuka

Jednotlivé školy mají odlišné experimentální vybavení. Tím pak bývá do značné míry vymezen okruh úloh, které lze ve škole řešit. Je také dobré si uvědomit, že při zavádění přístupů TMF do výuky nejsme omezeni jen na zadání úloh aktuálního ročníku TMF. Učitel má možnost připravit i vlastní úlohu (jako je třeba příklad oscilátoru popsany v dodatku 5), odpovídající úrovni studentů.

V jednotlivých státech se liší organizace vyučování: někde se můžeme setkat i s „dvojitou“ vyučovací hodinou o délce 80 – 100 minut, která je pro aktivity vycházející z TMF ideální. Činnosti lze nicméně rozdělit i do 40 – 50minutových vyučovacích hodin, jak je popsáno v úvodním příkladu dodatku 5.

Při přípravě nabídky **školních projektů s otevřeným řešením** by měl učitel přemýšlet nad potenciálními problémy a riziky. Je nutné zvážit jednoduché, nicméně zásadní faktory:

Je úloha experimentálně realizovatelná? Toto zahrnuje otázky jako:

- Jsou zapotřebí specializované nástroje či přístroje? Pokud je k dispozici nemáme, nemá smysl investovat do ryze teoretického řešení – uvědomme si, že všechny aktivity v TMF jsou postaveny na experimentálních pozorováních.
- Je experiment bezpečný?
- Lze měření snadno reprodukovat (jako například v úloze *Magický motor*³)? Pokud ano, výrazně napomůžeme úspěšnému dořešení studentského projektu.
- Jsou náklady nízké nebo alespoň přijatelné?

Rozumíme my sami fyzikální podstatě jevu?

- Máme my i studenti potřebné fyzikální znalosti? Máme představu, jak spolu jednotlivé veličiny popisující daný jev souvisejí?
- Máme my i studenti dostačující znalosti matematiky? V běžné výuce by k základnímu popisu studovaného jevu měly plně postačovat matematické znalosti průměrných studentů.

Pokud sice umíme sestavit potřebné zařízení, zreprodukovat jev, ale nejsme schopni porozumět fyzikální podstatě jevu, je přínos takové výuky omezený a rozhodně nesplňuje záměr TMF. Aktivity TMF je vhodnější založit na úlohách, v nichž učitel rozumí jádru řešení, aniž by jej musel dále studovat. Nemá-li učitel ihned představu o základních fyzikálních mechanismech a kvalitativním vysvětlení, je téměř jisté, že úloha bude pro průměrného studenta příliš složitá.

Cesta k úspěchu

Očekávání od aktivit založených na TMF v běžné výuce musí být nutně výrazně nižší než z přípravy na vlastní soutěž. Tomu by mělo odpovídat i zadání úloh. Výhodné jsou úlohy jako je příklad oscilátoru v dodatku 5, které dávají prostor k bádání na různých úrovních. Díky tomu lze do řešení zapojit na odpovídající úrovni všechny studenty. Velmi výrazným rysem odlišujícím TMF od ostatních badatelsky zaměřených soutěží je formální diskuse mezi účastníky. I v běžné výuce by proto měl být vyhrazen prostor k debatě.

Při vhodném výběru a uvedení úloh by měli mít všichni studenti možnost úspěšně dokončit alespoň základní kroky, popsané v kapitole 4.

³ Zadání úlohy č. 3 – **Magický motor** z ročníku 1998/99: S využitím baterie, permanentního magnetu a cívk sestrojte stejnosměrný motor bez komutátoru. Vysvětlete, jak funguje.

Časový plán

V počátcích přípravy by měl učitel správně odhadnout čas potřebný k dokončení celého projektu. Podle naší zkušenosti odpovídá realistický časový rámec **třem 45minutovým vyučovacím hodinám**. Podrobný časový rozvrh je prezentován v kapitole 4, v níž je zároveň navržen i konkrétní průběh jednotlivých úseků. Při větším počtu studentů ve třídě může být potřeba rozšířit čas věnovaný prezentacím a diskusím až na dvě vyučovací hodiny. Přístupy popsány v kapitolách 4.6 a 4.7 je možné tento čas zredukovat do jediné vyučovací hodiny. Žádnou aktivitu nedoporučujeme uspěchat.

Kvalitní projekt by studenti neměli dohánět, ale naopak by iniciativa měla mít možnost vycházet i z jejich strany.

Soutěž

Příprava na soutěž vyžaduje vyřešení velké většiny ze 17 zadaných úloh. Studenti zde mohou využívat i vybavení, které se nehodí pro běžnou výuku. Někdy je navíc možné se obrátit na akademická či univerzitní pracoviště a sponzory a požádat je o zapůjčení potřebného vybavení nebo o provedení potřebného měření na jejich aparaturách. Studenti také budou potřebovat prostor k ukládání vybavení, protože řada měření či jejich opakování vyžaduje delší období.

Většinu času budou studenti pracovat samostatně. Učitel by jím měl být občas k dispozici, aby jím mohl poradit a také mohl dohlížet na postup prací. Čím více se učitel může studentům věnovat, tím větší jsou šance týmu na úspěch v soutěži.

První krok

Je nutné si uvědomit, že příprava týmu na TMF a obdobné soutěže se zásadně liší od vyučování i od přípravy studentů na tradiční soutěže. Řešení badatelských úloh vyžaduje zcela jiné postupy, než je klasické přednášení nebo procvičování příkladů metodou tužka + papír.

Ačkoliv by do soutěže měla být vyřešená velká většina ze 17 zadaných úloh, s trochou štěstí jich může stačit i jen 12 (v českých regionálních kolech plně stačí 10 úloh, v rakouském TMF pak dokonce jen 3). I zde proto stojí za to pečlivě vybírat, na které úlohy se tým zaměří – může tak plně využít svůj potenciál pro jejich řešení. Kritéria pro výběr úloh jsou proto volnější:

Je úloha experimentálně realizovatelná?

- Má některý ze studentů přístup k dalšímu experimentálnímu vybavení, nebo může sestavit složitější aparaturu doma?
- Je možné kontaktovat nějakou instituci (univerzita, průmysl), která by mohla potřebné vybavení poskytnout nebo dokonce nabídnout prostor, kde by studenti mohli sestavit a provést potřebné experimenty?

Rozumíme fyzikální podstatě jevu?

- Fyzikální podstatu jevu nemusíme pochopit ihned. Jsme připraveni a schopni nastudovat fyziku i matematiku potřebnou k vysvětlení jevu? Dobrymi zdroji jsou Referenční sada TMF („Reference Kit“)⁴ a webové stránky kanadského týmu⁵.
- Je-li matematický popis příliš složitý, rozumíme dostatečně alespoň fyzikálními principům tak, abychom popsali jev kvalitativně a byli schopni vysvětlit výsledky experimentu, nebo provést numerické modelování jevu?
- Je-li matematický popis příliš složitý, umíme pochopit alespoň základní proces a předpoklady, za nichž byl výsledek odvozen? Rozumíme fyzikálnímu významu odvozeného výsledku a chápeme roli jednotlivých parametrů, a jsme schopni ji vysvětlit alespoň slovně, s využitím základních fyzikálních principů?

Pokud nemáme přístup k potřebnému vybavení, nebo nejsme přesvědčeni o tom, že se studenti mohou dobrat na jednu z výše popsaných úrovní, **nelze doporučit začít na řešení úlohy pracovat**. Podle zákona schválnosti budou největší zájem přitahovat právě ty nejtěžší úlohy – pak ale hrozí zbytečné fiasko, které není v zájmu soutěžících ani učitele. Je proto na učiteli, aby se této situaci vyhnul, a přitáhnul pozornost studentů k úlohám, které lze na jejich úrovni řešit.

Konzultace s odborníky

Pokud vaše experimentální nebo teoretická práce vyžaduje speciální nástroje, přístroje, či znalosti, neváhejte se obrátit na odborníky! Velmi často vám může jediná dobrá myšlenka (třeba pouhý odkaz na správnou literaturu) nebo zkušenost odborníka ušetřit týdny zbytečné práce. Snažte se vybudovat si síť dosažitelných odborníků v základních oblastech fyziky, jako je mechanika, elektřina a magnetismus, optika, a dynamika kapalin a plynů. Tato témata se objevují v úlohách TMF pravidelně; úlohy ze specifitějších oblastí jsou do TMF zařazovány spíše výjimečně.

Časový plán

Řešení úloh pro TMF je během na dlouhou trať a vyžaduje velkou oddanost. Učitel by měl zohledňovat, že studenti obvykle pracují nárazově v obdobích, kdy mají méně běžných školních povinností. Je užitečné si stanovovat krátkodobé (např. týdenní) cíle a sledovat jejich plnění. Takto udržíme studenty v činnosti a máme neustále přehled, na čem studenti pracují.

⁴ <http://kit.ilyam.org/>

⁵ <https://stemfellowship.org/caypt/>



4. Postup prací

Obecně

Postup prací na badatelských úlohách je tentýž bez ohledu na to, zda je řešíme ve třídě nebo je řeší soutěžní tým. Liší se jenom úroveň, na kterou je každý jednotlivý krok dotažen.

Jednotlivé kroky

- I) **Výchozí pozorování:** Pozorování nebo reprodukování jevu. Pozorujte.
- II) **Výchozí myšlenka:** Navrhněte první (klidně i naivní) představu o fyzice zodpovědné za pozorovaný jev.
- IIIa) **Co zkoumat:** Na základě výchozí myšlenky odhadněte, které parametry a jak by mohly zásadně ovlivňovat pozorovaný jev, a rozhodněte se, co stojí za další zkoumání.
- IIIb) **Plánování experimentů:** Podle přijatého rozhodnutí navrhněte experimenty, které je potřeba provést. Tento krok zdůrazňuje, že experimenty je nutné navrhovat.
- IIIc) **Systematická měření:** Proveďte sadu systematických měření, abyste zjistili, jak jev závisí na zvolených parametrech. Tento krok zdůrazňuje potřebu shromažďování dat.
- IVa) **Model:** Vytvořte sofistikovanější model, který umožní předpovídat výsledky měření.
- IVb) **Předpovědi modelu:** Sestavte na základě vašeho modelu předpovědi. Vyjádřete, jak by měly vypadat výsledky experimentu za předpokladu, že model je správný.
- V) **Porovnání experimentu s modelem:** Porovnejte výsledky svých měření s předpověďmi svého modelu. Pokud se významně liší, vraťte se k bodu IV). Někdy se ukáže, že zcestná byla už výchozí myšlenka, a je tak nutné se vrátit až k bodu II).
- VI) **Prezentace:** Připravte si prezentaci svého vysvětlení a svých zjištění. Klíčové je porovnání výsledků modelu a experimentu.
- VII) **Obhajoba:** Obhajujte svoje zjištění v procesu přezkoumání. Cílem je ověřit platnost zjištění, nikoliv dokázat jejich neplatnost za každou cenu. Dobře provedené dílo je slušné ocenit. U špatně provedené práce je nutné uvést konkrétní nedostatky.

Na pořadí kroků III) a IV) obecně nezávisí, protože jsou na sobě nezávislé. Model je vyvozován na základě fyzikální podstaty pozorovaného jevu, zatímco experiment je výzkumem reality. Někteří studenti si vyberou jako první krok experimentování, jiní se nejdříve vrhnou do modelování jevu. **Pro některé studenty bude hrát roli modelu diskutovaného v kroku IV) již výchozí myšlenka z bodu II)**, protože se jím model více rozpracovat nepodaří a výchozí vysvětlení tak zůstane jejich jediným modelem.

Nejinovativnějším prvkem v přístupů TMF, kterým se odlišuje od ostatních metod badatelsky

orientované výuky, je část věnovaná **diskusi** při obhajobě dosažených zjištění. V TMF rozebírají prezentovaná zjištění **vrstevníci**, nikoliv učitel. Tento prvek je pro studenty mimořádně přínosný: aby byli schopni vést náležitou diskusi, musí se dobře sžít s prvky kritického myšlení.

Každý popsaný krok je doveden na určitou úroveň závisující na tom, zda se jedná o běžnou výuku nebo přípravu soutěžícího týmu. Nyní popíšeme, co lze očekávat v běžné výuce, a později se seznámíme i s požadavky do soutěže. Abychom v popsaném seznamu neztratili niť, budeme se vždy odkazovat na kroky, které budeme rozebírat.

Pro zjednodušení si **rozdělíme vyučování do šesti 20minutových úseků**. Délku úseku si lze samozřejmě přizpůsobit; použitý předpoklad o délce úseku by měl sloužit především k ilustraci a měl by učitelům usnadnit rozvržení aktivit podle konkrétní délky vyučovací hodiny. Toto rozdělení se **netýká soutěžních aktivit**, které vyžadují mnohem delší časy a rozvrh práce je v nich mnohem pružnější.

4.1. I), II), IIIa): Výchozí pozorování, Výchozí myšlenka a Co zkoumat (první 20minutový úsek)

Výuka

- Studenty rozdělíme do malých skupin, nejlépe do dvojic. Nemáme-li dostatečné množství experimentálního vybavení, je potřeba skupiny zvětšit.
- **Výchozí pozorování.** Učitel vysvětlí studentům experiment. Může jej ukázat na videu, na obrázcích, nebo předvést na živo. Na základě této ukázky navrhnu studenti výchozí model.
- **Co zkoumat.** Učitel vysvětlí cíl bádání. Tím může být funkční závislost na parametru, nebo analýza výsledků experimentu. Zadání by mělo být dostatečně otevřené, aby postup řešení nebyl ihned zjevný, ale zároveň dostatečně srozumitelné, aby studenti pochopili, co od nich vyžadujeme.
- **Výchozí myšlenka.** Studenti by měli podvědomě sestavit výchozí model popisující chování experimentu. Učitel by měl studenty povzbuzovat, aby svůj model explicitně popsali, i když bude třeba jenom částečný. To jim umožní přemýšlet o tom, které parametry mohou mít relevantní vliv na experiment, aby se později mohli rozhodovat, který z těchto parametrů budou systematicky zkoumat.

Soutěž

Základní postupy jsou obdobné, jako při vedení aktivit v běžné výuce; soutěžící by měli pracovat mnohem samostatněji. Navíc je třeba uvážit:

- **Různé přístupy i úrovně.** Úlohy TMF bývají formulovány velmi obecně a umožňují řešení na různých úrovních. Běžně se stává, že jednotlivé týmy používají k řešení zcela odlišné přístupy. Soutěžící by proto měli přemýšlet o všech možných pohledech: sami se sice zaměří jenom na jejich malou podmnožinu, ale potřebují získat přehled i o dalších možných cestách k řešení úlohy, aby při fyzikálních soubojích mohli obstát v diskusi se soupeři.
- **Přehled literatury.** Od účastníků TMF se očekává, že budou obeznámeni se základní literaturou k tématu. V počátcích řešení úlohy bývá vhodné provést rešerši literatury, kde lze často najít práce, které zkoumaný jev podrobně vysvětlují. V nich bývá popsáno i uspořádání experimentu, z něhož lze vycházet při návrhu vlastních aparatur. Vyhrazené webové stránky a internet obecně poskytují natolik nepřehledné množství materiálu, že se v něm studenti nezdědka ztrácejí. Doporučené zdroje by tak pro ně měly být trochu vyfiltrovány. Dobré zdroje informací k řešení úloh TMF zahrnují zejména:
 - Referenční sada TMF („Reference Kit“)⁶, a webové stránky kanadského týmu⁷.
 - Wikipedie; zde doporučujeme nahlížet i do citovaných zdrojů a nepřebírat všechny informace zcela bezhlavě.
 - Časopisy jako *American Journal of Physics* nebo *Physics Education* mohou obsahovat články související s úlohami TMF, napsané stylem přístupným pro širší publikum (samozřejmě v angličtině).
 - Studijní texty k *Fyzikální olympiádě*.
 - Vynikající literaturou popisující základy obecné fyziky a matematiky jsou populárněji psané vysokoškolské učebnice, jako například *Fyzika* autorů D. Halliday, R. Resnick a J. Walker, nebo *Přehled užité matematiky* od Karla Rektoryse. Navzdory éře internetu jsou tyto zdroje natolik důležité, že by je studenti měli mít k dispozici i v tištěné verzi, aby si mohli průběžně rozšiřovat svoje znalosti obecné fyziky i matematiky.
- **Originalita řešení.** Otázky typu „jak nové nebo inovativní výsledky“ jsou do soutěže potřeba, jsou kladeny pravidelně, a nabývají na důležitosti, zejména pokud k řešení dané úlohy už má blízko nějaká vědecká publikace. Podstatným bodem hodnoceným v TMF je každopádně „vlastní přínos“. Bližší nástin toho, co se rozumí „novými“ výsledky v soutěži TMF, je uveden v dodatku 8.

⁶ <http://kit.ilyam.org/>

⁷ <https://stemfellowship.org/caypt/>

4.2. IIIb) Plánování experimentů (druhý 20minutový úsek)

Vedení experimentální práce obecně je také diskutováno v dodatku 7.

Výuka

- **Plánování experimentů.** Studenti se rozhodnou, co chtějí měřit – kterou veličinu chtějí sledovat, a které z parametrů chtějí měnit. Zbývající čas věnují návrhu experimentu, který chtějí provádět. Tato fáze může přirozeně přejít i k vlastní přípravě či stavbě aparatury, zejména pokud délka vyučovací hodiny přesahuje 60 minut. Studenti by si také měli zvolit vhodné měřicí přístroje (stopky, ampérmetry, ...). Mají-li dostatek času, měli by ověřit, že vybrané přístroje jsou schopny požadovanou veličinu měřit (například zkontrolovat, zda jsou charakteristické časy dostatečně dlouhé pro měření stopkami nebo zda má ampérmetr vhodný rozsah k měření sledovaného elektrického proudu). Všechny experimenty by měly být zvoleny tak, aby je bylo možné provést s dostupnými měřicími přístroji.
- Domněnky na základě výchozí myšlenky. Technicky vzato se jedná o **předpovědi modelu**, kde modelem je výchozí myšlenka. Již v této fázi stojí za to se snažit rozebírat, co podle modelu můžeme očekávat. Studenti o tomto většinou nepřemýšlejí, a právě proto bychom je měli vést k tomu, aby svoje očekávání založená na výchozím modelu jasně vyjádřili. U složitých modelů stačí pouze představa o tom, jaký by měl být výsledek; pro dostatečně jednoduché modely pak lze zkusit „uhádnout“ i funkční závislost. Je důležité si uvědomit, že v této fázi je naprosto normální, pokud předpovědi studentů nejsou správné. I student, jehož výchozí myšlenka nebyla správná, může později navrhnout mnohem lepší model. Rozborem domněnek pomůžeme studentům odnést si z experimentů mnohem více, protože již potvrzují nebo vyvracejí jejich představy. Měli bychom být připraveni studentům odpovídat na otázky a pomáhat jim s návrhem experimentu, ale nikoliv s výsledky.
- Na konci druhého úseku by všechny skupiny měly mít hotový návrh experimentu a zformulovány předpovědi výsledků tohoto experimentu.

Soutěž

- **Hlubší zamyšlení nad parametry.** Před zahájením systematických experimentů je užitečné si sestavit soupis parametrů, na kterých daný jev závisí. Tím je možné naplánovat konstrukci měřicí aparatury tak, aby umožňovala řízenou změnu většiny z těchto

parametrů. Je nutné přesně porozumět znění zadání úlohy! Pokud jsou v zadání některé parametry uvedeny, je nutné je dodržet (například v úloze *Horkovodní fontána*⁸ není nutné experimentovat s glycerolem), ale prozkoumány by měly být parametry vyžadované v zadání. Neočekávejte, že se podaří vybudovat perfektní zařízení hned napoprvé. Vždy je možné (a většinou spíš nutné) zařízení postupně vyvíjet z prvního prototypu a zohledňovat nové neočekávané faktory, které jeho činnost ovlivňují. Nikdy nezapomínejte kvantifikovat nebo alespoň odhadovat chyby měření!

- **Stávající, zapůjčená nebo nová aparatura?** Vyjděte z nejjednoduššího dostupného vybavení. Je-li to potřebné, přemýšlejte, jak získat podrobnější a přesnější výsledky – to neznamená jenom lepší nebo sofistikovanější zařízení, ale i zohlednění podmínek, za nichž lze provést lepší/ilustrativnější experimenty. Jednodušší chybějící vybavení může vyrobit zručný student, ke složitějším přístrojům je možné se dostat spoluprací s akademickou institucí. Vězte, že méně je někdy více.

4.3. Ilc) Systematické experimenty (třetí 20minutový úsek)

Výuka

- Studenti připraví experiment.
- **Zběžné měření.** Vyplácí se provést několik málo měření na zkoušku, aby se otestovalo několik parametrů z celého rozsahu. Tím se ujistíme, zda se podaří změřit výsledky v celém rozsahu parametrů (nedostaneme se mimo rozsah měřícího zařízení); navíc tak identifikujeme části, ve kterých může být potřebné podrobnější měření (kvůli velké citlivosti výsledků na daný parametr) nebo v nichž lze počet měření naopak zredukovat (výsledky jen slabě závisí na daném parametru).
- **Systematické experimenty.** Studenti započnou se systematickými měřeními. Měli by si uvědomovat, že pečlivé a přesné měření bude pro pozdější vyhodnocování výsledků klíčové. Neměli bychom jim ale explicitně říkat, kolik měření mají provádět. Vhodnější jsou obecné návody jako „proved'te dostatečný počet měření, abyste byli schopni rozpoznat typ funkční závislosti“ nebo „stanovte chybu každého měřeného bodu“. Studenti by se měli pomoci takovýchto experimentů sami naučit, kolik měření je vlastně potřeba k zodpovězení těchto otázek. Při vyšetřování závislostí na parametrech necháváme na studentech, aby si sami rozhodovali, kolik datových bodů potřebují. Zde samozřejmě

⁸ Zadání úlohy č. 7 – **Horkovodní fontána** z ročníku 2015/16: Naplňte částečně Mohrovu pipetu horkou vodou. Zakryjte horní konec pipety palcem. Obraťte pipetu špičkou nahoru a pozorujte fontánu, která z ní tryská. Prozkoumejte parametry popisující výšku fontány a optimalizujte je tak, abyste dosáhli maximální výšky.

můžeme být limitováni dobou potřebnou ke změření daného bodu. Obecně můžeme říci, že k identifikaci **funkční závislosti** potřebujeme minimálně **3 body**, a ke stanovení **odchylky měření** je nutné provést alespoň **3 opakovaná měření**. K rozumnému určení odchylky lze doporučit spíš 6 – 10 měření daného bodu.

- Studenti by si měli uvědomovat, že základním cílem většiny úloh je porovnání výsledků měření s předpověďmi modelu. Nikdy nelze očekávat perfektní shodu – kvalitu modelu posuzujeme podle míry neshody.

Soutěž

Navíc k uvedenému:

- V soutěži většinou nestačí studovat pouze vliv jediného parametru. V optimálním případě by měly být alespoň povrchně zkoumány **všechny kontrolovatelné parametry**, zatímco dva až tři by měly být prozkoumány podrobně.
- **Reprodukovatelnost.** Vždy ověřujte, zda je měření reprodukovatelné (v rámci odchylky měření). Přemýšlejte o možných vlivech, které reprodukovatelnost omezují nebo způsobují nereprodukovatelnost měření.
- Kdykoliv to je možné, zvažujte a ověřujte, zda jsou výsledky měření smysluplné a alespoň vnitřně konzistentní.
- Snažte se otestovat svoji aparaturu pomocí charakterizace systému se známými a dobře definovanými vlastnostmi. Máte-li o výsledcích měření pochybnosti, nerozpakujte se měření opakovat.
- Nezapomínejte, že kromě měření vybrané veličiny je nutné zaznamenávat i další důležité parametry a podmínky experimentů! Je velká škoda, pokud je nutné zahodit výsledky dlouhého měření jenom proto, že si nikdo nepoznamenal jeden triviální, ale zcela zásadní parametr. Studenti by si měli vést o všech měřeních záznamy – později při analýze a interpretaci měření mohou mít cenu zlata.
- Studenti by měli být vedeni k tomu, aby se důsledně snažili odhadovat odchylky měření. Odchylky udávají, do jaké míry můžeme výsledkům měření věřit. A jako takové jsou naprosto zásadní pro posuzování míry shody mezi experimentem a modelem. Chybové úsečky zpravidla vyjadřují náhodné chyby kombinované s deklarovanou odchylkou zařízení; dále se mohou vyskytovat systematické chyby, které také negativně ovlivňují výsledky měření. U některých obzvláště složitých měření se může podařit stanovit pouze kvalifikovaný odhad chyby měření (též dodatek 5, bod 12).

4.4. IV) Model a předpovědi modelu (čtvrtý 20minutový úsek)

Výuka

- **Model.** Studenti by měli sestavit odpovídající model. Měli by vycházet ze základních fyzikálních principů popisujících daný jev a dospět k modelu popisujícímu, jak měřené hodnoty závisí na změně zvolených parametrů. S ohledem na složitost úlohy a na schopnosti studentů můžeme sestavovat
 - **Kvalitativní model:** slovní popis toho, co proč a jak by mělo ovlivnit výsledek (zvětšit hodnotu, zmenšit hodnotu, ...). Jako kvalitativní model někdy slouží výchozí představa.
 - **Kvantitativní model:** odvození rovnic popisujících závislost výsledku na vyšetřovaném parametru.
- **Předpovědi modelu.** Studenti by měli srozumitelně uvést, jaké výsledky navržený model předpovídá. Pokud je model kvantitativní, měla by kvantitativní být i předpověď – obvykle ve formě grafu, který lze porovnávat s měřenými daty. Pro některé typy dat mohou být vhodnější i jiné reprezentace, jako tabulka, náčrtek nebo animace.

Všechny kroky čtvrtého 20minutového úseku mohou být v principu řešeny doma, nicméně i zde lze doporučit, aby při tvorbě modelu spolupracovala celá skupina. Někteří studenti jsou zaměřeni více teoreticky zatímco jiní experimentálně; při skupinové práci tak mají všichni příležitost přiučit se i aspekty, s nimiž jsou sžití méně.

Soutěž

Máme řadu různých typů modelů (dodatek 3). Úroveň modelů do soutěže TMF se odvíjí od složitosti dané úlohy.

- **Analytický kvantitativní model.** Pro některé úlohy TMF sice byly dobré modely popsány v literatuře, ale jsou příliš komplikované na to, aby studenti byli schopni zreprodukovat jejich odvození. Nicméně, v každém případě by studenti měli být schopni:
 - i) Vysvětlit základní dynamiku systému (např. kinetické rovnice). To znamená pochopit fundamentální fyzikální zákony, které popisují chování systému. Kombinace takovýchto zákonitostí je většinou cestou ke kýženému výsledku.
 - ii) Obhájit jednotlivé kroky odvození. To znamená popsat, jak například spolu svazovali jednotlivé kinetické rovnice. Jsou-li studenti schopni rovnice odvodit, tím lépe.
 - iii) Identifikovat předpoklady modelu a kriticky zhodnotit, zda jsou platné i pro jejich vlastní experiment. Řešení podobných úloh v literatuře bývají totiž často popsána za trochu jiných okolností, a tedy za odlišných předpokladů.
 - iv) Vysvětlit roli jednotlivých parametrů ve výsledných rovnicích, jejich fyzikální původ a význam. Například: „První člen pochází ze zákona [...]. Koeficient ve druhém členu



reprezentuje [...]. Třetí člen ve jmenovateli můžeme zanedbat, pokud [...]" a podobně.

v) I v případě, kdy jsou studenti schopni plně zreprodukovat celé odvození, měli by jej v prezentaci vynechávat a spíše se soustředit na předcházející body tohoto seznamu. Pro porotce je velmi složité sledovat sofistikovaná odvození (pokud se náhodou nejedná o problematiku, s níž jsou perfektně obeznámeni), a proto se stejně více zaměřují na fyzikální vysvětlení a jeho důsledky spíše než na vlastní rigorózní odvození.

- **Numerický kvantitativní model.** Porozumíme-li kinetickým rovnicím, ale odvození požadovaného výsledku zůstává složité, mají studenti možnost zkonstruovat numerický model a provést numerické simulace. V tomto případě je potřeba, aby studenti vysvětlili výše uvedené body i), ii) and iii). Místo bodů iv) a v) se pak očekává, že studenti vysvětlí výsledek simulací. Například ve stylu „Je rozumné, že křivka začíná klesat od hodnoty [...], protože v tomto bodě nastává [...].“

4.5. V) Porovnání experimentu s modelem a příprava prezentace (pátý 20minutový úsek)

Výuka

Toto je zásadní částí celého procesu. Při vyučování přitom ani nemusí zabrat velké množství času. Model by měl být jednoduchý, a jednoduchá proto může být i prezentace, která pak může být sepsána třeba jenom na tabuli. Kritické jsou zde následující dva prvky.

Srovnání experimentu s modelem

- Studenti by měli analyzovat data, která získali. Tím se míní i odhad odchylek měření.
- Studenti by měli prezentovat svoje data v takové formě, aby mohla být porovnána s předpověďmi modelu. To obvykle znamená sestavit graf, v němž jsou změřená data vykreslena jako symboly s chybovými úsečkami, a předpovědi modelu křivkou. Neměli bychom zapomínat na popis os grafu včetně odpovídajících jednotek.

Příprava prezentace. Prezentace by měla obsahovat:

- Popis nebo ukázkou výchozího experimentálního pozorování.
- Cíle (zkoumané otázky). To znamená krátké vyjádření, čeho se studenti snažili dosáhnout, co chtěli změřit či určit.
- Zběžný popis, schéma nebo obrázek experimentálního zařízení.
- Popis modelu. Stačí, je-li uvedeno základní chování a zběžně popsáno jeho odvození. Podrobnosti odvozování by měly být vynechány. Pro aktivity ve výuce by mělo být

odvození pro většinu zkoumaných parametrů dostatečně jednoduché. Náročnější odvozování by se mělo omezit pouze na nejpokročilejší úlohy.

- Stěžejní je porovnání měřených dat s předpovědí modelu! To je obvykle znázorněno vykreslením „teoretické“ křivky přes měřená data; někdy je ale zapotřebí jiná, vhodnější reprezentace (např. porovnání tabulek nebo porovnání jevů). Jedná se o prostředek, díky němuž můžeme rozhodnout, jak ob stojí naše vysvětlení (vysvětlení jevu bylo naším cílem). Krátce: nakolik bylo našeho cíle dosaženo, posoudíme srovnáním experimentu s modelem.
- Závěr: jasnou odpověď na zkoumané otázky.
- Učitel by měl klást dotazy, které studenty k podstatným závěrům dovedou. Tyto otázky by pak měly být zodpovězeny i v referátu.

Úkoly tohoto úseku mohou studenti v závislosti na místních zvyklostech zpracovávat doma. V některých státech jsou domácí úkoly standardní a studenti jsou zvyklí je vypracovávat. V jiných zemích nejsou domácí úkoly obvyklé nebo doporučované. Můžeme se setkat i s přístupem, kdy práce doma sice povolena je, ale studenti za ni nemohou být ani penalizováni, ani odměňováni, takže ji většina studentů neudělá. V těchto situacích může být tento úsek proveden ve škole. Doporučujeme používat popisovací tabule (formát A3 nebo A2, případně poslouží i laminovaný papír) – tím umožníme studentům průběžnou přípravu prezentace již během získávání dat. V prostředích vybavených informačními technologiemi můžeme obdobného výsledku dosáhnout i průběžnou přípravou prezentace na počítači. Podrobnosti konkrétního uspořádání jsou ale méně podstatné než vlastní prezentace. Studenti by se měli zaměřovat na to, co a jak prezentovat, a méně na úzkostlivou přesnost dat a grafů. Na prezentaci připravovanou doma mají studenti více času, takže od ní lze očekávat vyšší úroveň.

Soutěž

Pro přípravu na vlastní soutěž platí obdobné pokyny, s následujícími upřesněními:

- Popis experimentálního zařízení by měl být mnohem podrobnější. Bývá vhodné připravit dodatečné informace dokumentující aparaturu jako podklad pro diskusi během fyzikálního souboje. Někdy se stává, že rozhodují drobné detaily, jako např. způsob, kterým studenti zajistili a ověřili co možná nejlepší vodorovnost svého zařízení.
- Popis modelu by měl obsahovat vše, co bylo popsáno v části pro běžnou výuku, ale nikoliv celé detailní odvozování. Toto je možné mít připravené jako dodatečný podklad do diskuse.
- Porovnání modelu s experimentálními výsledky by mělo být pečlivé a vyčerpávající. Podstatný je i odhad odchylek.
- Jakýkoliv rozdíl ve srovnání modelu s experimentem musí být rozebrán a diskutován. Očekává se, že soutěžící předloží vysvětlení pozorovaného nesouladu. Případně to může být námět do diskuse.
- Smyslem závěru není shrnutí odvedené práce, nýbrž dosažených výsledků výzkumu, jako

např. „Naše výsledky ukazují, že jev je způsoben [...]“. Nejlepší bývá jasně zformulovat zkoumané otázky a v závěru na tyto otázky odpovědět.

- Vyplácí se snímky prezentace očíslovat, aby se na ně v diskusi šlo rychle odkazovat.

Studenti během své práce často naměří ohromná množství dat, takže je někdy těžké přesvědčit je, aby prezentovali pouze ty opravdu nejzásadnější výsledky a „zahodili“ spoustu dat, jejichž měření jim přitom zabralo třeba mnoho dní. Studenti by se měli soustředit na data, která dávají odpovědi na zkoumané otázky. Jde v podstatě o omezování množství prezentovaných dat a vyzdvihování získaných zjištění.

Grafy často shrnují několikaměsíční práci studentů, proto by jejich přípravě měli věnovat odpovídající pozornost. Pouhé nakopírování dat do jakéhokoliv softwaru bez dalších úprav může vést ke katastrofálním výsledkům. V podkladech pro ústní prezentaci bývají srozumitelnější grafy; tabulky používejte pouze opatrně. Většina grafů je typu XY; v některých specifických situacích mohou být vhodné i jiné typy jako histogram, vrstevnicový nebo polární graf. Nestandardní grafy ale používejte pouze po pečlivé úvaze – pro posluchače někdy bývá velmi obtížné je rychle a správně analyzovat.

Studenti by měli pečlivě popisovat osy grafu (včetně správných a rozumných jednotek) a používat popisky srozumitelné i širšímu publiku. Přemýšlejte o vhodném druhu osy (lineární, logaritmická, jiná), o užitečnosti zobrazení významných bodů (zejména 0), o rozsahu osy a velikosti dílků.

Nepočtená data by měla být zobrazována pomocí symbolů (typicky výsledky měření), zatímco křivky by měly reprezentovat zobrazení se spojitou změnou parametru (což jsou většinou teoretické předpovědi nebo fitovací křivky). Jednotlivé série dat by měly být zobrazeny snadno odlišitelným stylem (barva, typ čáry, tvar symbolu). V grafech obsahující velké množství datových řad využívejte mnemotechnické pomůcky (např. modrá barva pro data měřená za nízké teploty a červená pro vysokoteplotní měření).

Obecně

4.6. Prezentace a obhajoba (šestý 20minutový úsek, případně další)

Tento úsek se při přípravě soutěžního týmu sice výrazně liší od vyučování, nicméně smysl zůstává stejný: **kriticky zhodnotit referát**. Pojem „opposition“, se kterým se někdy setkáváme v anglické terminologii TMF, může působit jako zavádějící, protože evokuje opačné stanovisko za každou cenu. Lepším výrazem je „oponentura“ nebo „kritický rozbor“ („oppose“ v anglické terminologii TMF), který znamená ocenit, co je ocenění hodné, vyjádřit pochyby o tom, co nás nepřesvědčilo, projevit nesouhlas, kde nesouhlasíme, a zmínit, co nebylo vysvětleno dostatečně jasně.

Schopnost provést kritický rozbor jakékoliv práce je bezpochyby jednou z nejdůležitějších dovedností 21. století zdaleka přesahující fyzikální výzkum – je jedno, zda se jedná o novinový článek, referát o vědeckých nebo pseudovědeckých objevech, reklamu nebo něco zcela jiného. Právě tato část je na aktivitách TMF nejužitečnější a nejinovativnější a zaslouhuje si proto odpovídající pozornost.

Snažte se:

- **Pomáhat prezentujícímu** upravit svůj referát nebo řešení, aby se výstup práce zlepšil a prezentované výsledky byly přesvědčivější.
- Podporovat **diskusi**, to znamená výměnu **podložených** názorů, nikoliv jen jednosměrnou interakci ve stylu otázka – odpověď.
- Dát i „oponentovi“ příležitost, aby vyjádřil svoje pochopení fyziky zkoumaného jevu.

Výuka

Na oponenturu by měl být kladen velký důraz, jak s ohledem na zmiňovaný celospolečenský přesah, tak pro pochopení toho, jak vlastně vědecké poznávání funguje.

Zde jsou uvedeny nejužitečnější otázky, které by si měl oponent/recenzent pokládat (tyto role zde míníme v širším smyslu, než ve vlastní soutěži):

- Které části vás nepřesvědčili? Neodbývejte se pocitem, že jste jím neporozuměli pouze vy, zatímco někdo jiný na vašem místě by je pochopil. Oponentem jste vy, a proto pokud nejste přesvědčeni vy, ptejte se.
- Opravdu vedou prezentovaná data k vyvozeným závěrům? Nepřipouštětí ta data nějaký jiný závěr? Vycházejí závěry výhradně z prezentovaných dat? Vezměme například tři změřené body s chybovými úsečkami, kterými je proložena parabola – je proložení parabolou tou jedinou správnou možností? Nemůžeme srovnatelné shody mezi experimentem a teorií dosáhnout i proložením přímkou? Pokud ano, jak fyzikálně zdůvodníme použití paraboly místo přímky? Toto jsou otázky, které dávají oponentovi příležitost k prezentaci svého pohledu.
- Pokládejte otázky směřující k fyzikální podstatě prezentovaného modelu, jako například „Co si myslíte, že by se stalo, pokud místo [...] použijeme [...]?“ Tyto otázky také naznačují vaše pochopení fyziky, zvláště pokud s prezentujícími nesouhlasíte. Vždy uvádějte, zda s prezentujícími souhlasíte, či nikoliv – a pokud nesouhlasíte, svoje stanovisko vyjadřujte a zdůvodňujte. Tento typ otázek pak může poskytnout nejzajímavější látku k diskusi.
- Byla použita vhodná experimentální aparatura? Pokud máte pochybnosti o jakékoli části měřícího zařízení, ptejte se na podrobnosti a uvádějte, proč je považujete za důležité. Ilustrujme toto na příkladu měření dostřelu děla, který nutně závisí na jeho náklonu. Pokud například prezentující neuvědomí, jak byla zajištěna vodorovnost roviny, od které byl náklon měřen, ptejte se a snažte se dobrat třeba ke stanovení přesnosti měření náklonu.

Prezentaci a diskusi můžeme vést ve vyučování vícero způsoby. Zde rozebereme dva z nich:

Metoda „Sdílení dobrých postupů“

- Řešení prezentují pouze 2 nejlepší týmy/skupiny.
- Následující dva nejlepší týmy ta řešení oponují.
- Ostatní týmy recenzují.
- Referát/prezentace o délce 8 minut ponechává dostatečný prostor k dalším bodům (diskuse, shrnutí a krátká zpětná vazba učitele). V praxi je dobré nechat říci pár slov každého člena týmu, nicméně toto ponecháváme na přístupu učitele.
- Oponentura a diskuse (1+2+3 minuty). Třetí a čtvrtý tým byl pro tuto roli zvolen díky kvalitě svých prezentací, což může být zohledněno i v bodování. Následující kroky shrnují možný scénář průběhu oponentury:
 - Hodnocení v průběhu prezentace: Členové oponujícího týmu sledují referát a s využitím vzoru hodnotící zprávy oponenta (dodatek 10) si poznamenávají jeho hodnocení.
 - Příprava: Po referátu má oponující tým 1 minutu na přípravu a uspořádání svých myšlenek, a na vyslání svého „mluvčího“ na „pódium“ před celou třídu.
 - Shrnutí: Oponent začíná 2minutovým shrnutím a zhodnocením prezentace referujícího týmu. K tomuto není potřeba počítač. Vyplácí se použít vzor hodnotící zprávy oponenta.
 - Diskuse: Jako další přichází 3minutová diskuse s „mluvčím“ referujícího týmu; to znamená, konkrétní dotazy na referujícího, který se je snaží krátce zodpovídat.
- Recenze (2 minuty): Členové týmu/ů recenzentů pozorují a dělají si poznámky k vystoupení prezentujícího týmu a k jeho diskusi s týmem oponentů (vzor hodnotící zprávy recenzenta je uveden v dodatku 11). Máme-li pouze jediný recenzující tým (v menších třídách), má k dispozici 2 minuty, aby prezentoval svoje zhodnocení a jmenoval vítěze „souboje“. V případě 2 recenzujících týmů vychází 1 minuta na prezentaci každého z nich.
- Otázky učitele a krátká zpětná vazba (max. 4 minuty): Stojí za to věnovat čas odpovědím na otázky učitele, protože studenti mohli opomenout důležité aspekty nebo došlo k zásadním chybám, které je nutné opravit. V průběhu tohoto hodnocení už může probíhat technická příprava dalšího „souboje“.

S využitím tohoto způsobu je možné zvládnout každý „souboj“ během pouhých 20 minut, takže v průběhu klasické 45minutové vyučovací hodiny lze uspořádat souboje dva. Pro zjednodušení rolí oponenta a recenzenta jsou v dodatcích 10 a 11 připraveny odpovídající šablony. S ohledem na nedostatek času se musíme omezit na referáty dvou nejlepších týmů, které stanovíme na základě prezentací (např. PPT souborů) odevzdaných na konci předcházejícího úseku. Dva nejlepší týmy vyhlásíme na začátku úseku s prezentacemi; můžeme je navíc ocenit dodatečnými body. Tímto přístupem kromě úspory času zajistíme, že studenti uvidí následovánímhodné příklady, a přitom po celou hodinu musí být nějakým způsobem aktivní všichni studenti.

Metoda „Prezentují všechny skupiny“

- Každý z týmů prezentuje svoje výsledky v průběhu 3 minut s využitím tabule, posterů, případně počítačové prezentace. Stačí ukázat nejdůležitější zjištění v následujícím formátu:
 - Zkoumané otázky a nastínění měřící aparatury a použitých přístrojů (30 sekund).
 - Kvalitativní nebo kvantitativní popis modelu (1 minuta).
 - Data, a srovnání výsledků modelu a měření (1 minuta).
 - Závěry (30 sekund)
- Další tým po každé prezentaci oponuje kladením otázek (5 minut). Doporučujeme klást otázky typu „co se stane, když“, které lze po odpovědi prezentujícího doplnit vlastní představou, a tak v případě nesouhlasu vyvolat zajímavou diskusi. Stačí i jediná otázka, zvláště v případě, že plánujeme více soubojů. Uvedme několik příkladů otázek pro úlohu padajícího magnetu: „Co by se dělo, pokud by trubka byla nemagnetická?“ – ukážeme, že fundamentální je pochopení elektrického proudu. Nebo „Co by se stalo, pokud by trubka obsahovala vodorovné štěrbinu?“ – ukážeme, že nejdůležitější elektrické proudy tečou vodorovně. Nebo „Cítily byste působící sílu, pokud byste magnet spouštěli trubkou opravdu pomalu?“ – ukážeme, že vířivé proudy závisejí na rychlosti změny magnetického pole. Tento typ otázek může ukázat znalosti fyziky jak referujícího, tak oponenta.
- Všechny ostatní týmy recenzují každé vystoupení s využitím rubrik uvedených v dodatku 12. Vyplněné šablony lze shromáždit a podle zprůměrovaného výsledku můžeme vyhlásit vítěze.

Ve vyučování nedoporučujeme volit příliš složité projekty. Zaměřujeme se na jednoduché systémy, kde ale lze měnit větší množství parametrů. Takto zajistíme, že různé týmy budou zkoumat vliv odlišných parametrů, a jejich referáty tak budou zajímavé i pro ostatní týmy.

V tomto formátu stačí na každý „souboj“ 10 minut. Tato doba je krátká a je proto těžké se dobrat k zajímavým otázkám, nicméně toto lze cvičením vylepšit. Učitel si může potřebné doby postupně přizpůsobovat a například stanovit, že prezentovat budou pouze náhodně vybrané skupiny. Bude-li formát TMF využíván během školního roku opakovaně, měly by všechny skupiny dostat příležitost prezentovat. Úroveň oponentury by se měla postupně zlepšovat.

Soutěž

4.6.1. Prezentace

Osnova pro přípravu prezentace byla probrána v předcházejících kapitolách, proto ji zde nebudeme opakovat. Jediným dalším důležitým prvkem pro vlastní prezentaci je srozumitelnost přednesu. To znamená dostatečnou hlasitost i srozumitelnou angličtinu. Angličtina nemusí být

perfektní, nicméně studenti by se měli seznámit se základní fyzikální terminologií (užitečný je třeba slovníček sestavený Jednotou českých matematiků a fyziků⁹) a výslovností méně známých slov. Pozor na významové odchylky mezi podobnými českými a anglickými výrazy. Například anglické slovo „momentum“ značí v českém jazyce „pohyblivost“, zatímco jeho kořen evokuje „moment hybnosti“ a tedy vztah k točivému pohybu. Uvědomte si, že použití nesprávného termínu může způsobit zbytečná a zdlouhavá nedorozumění.

4.6.2. Diskuse

Diskuse je nejkritičtější článkem fyzikálního souboje. Dobrá oponentura může zcela zvrátit pozitivní dojem z jinak zářivého vystoupení Referenta, a tedy zhoršit hodnocení Referenta a zlepšit hodnocení Oponenta. Zdůrazňujeme, že v TMF zatím nebyl popsán žádný učebnicový návod, jak oponovat. To je způsobeno zejména tím, že každá úloha vyžaduje jinou diskusi a také proto, že se referáty dramaticky liší tématem, zaměřením, hloubkou i kvalitou. Nemá proto valný smysl připravovat si pro oponování nějakou obecnou šablonu. Mnohem užitečnější je **promyslet si základní pochopení fyziky** dané úlohy, spolu s představou o tom, které parametry a jak mohou být pro danou úlohu podstatné.

Oponentura probíhá ve čtyřech fázích: kladení objasňujících otázek, vystoupení oponenta, diskuse, a shrnutí oponenta. V následujících odstavcích shrneme doporučení referentovi i oponentovi pro každou fázi.

4.6.2.1. Objasňující otázky (2 minuty)

Kladením objasňujících dotazů získává **Oponent** příležitost k plnému pochopení prezentace Referenta. Jinak řečeno, smyslem těchto otázek ještě není kritický rozbor řešení, ale objasnění nesrozumitelných bodů.

- Otázky by se měly zaměřovat výhradně na práci Referenta.
- Ptejte se na detaily použitých metod, a snažte se objasňovat body, která vám či publiku nebyly jasné.
- Pokud nebylo jasné podáno odůvodnění použitých předpokladů, pátrejte po něm.
- Můžete se ptát, zda Referent provedl X, ale nezabíhejte to detailů.
- Nekladte vysoce specifické otázky.
- Nezabíhejte do diskuse o roli parametrů nebo podobných tématech. Tyto otázky by měly zůstat objasňujícími, a neměly by se překloupat do diskuse.
- Je vhodné klást otázky od nejdůležitějších k méně důležitým. Ptejte se jak na teorii, tak na experiment nebo vyhodnocování dat! (Pokud zrovna není některá část výrazně vadnější než ostatní)
- Na každou otázku počítejte až 30 sekund. Pokud se Referent zamotá do dlouhé odpovědi,

⁹ <http://icmf.cz/node/911>

slušně poděkujte a přejděte k další otázce! K nedokončené otázce se můžete později vrátit v diskusi. Nebývá účelné ztrácet čas dlouhou otázkou, na níž je pouze jednoduchá odpověď ano/ne!

Reakce Referenta na objasňující dotazy: Úkolem Referenta je odpovídat na položené otázky.

- Odpovědi by měly být krátké a vyčerpávající. Je vhodné se na očekávané dotazy dopředu připravit.
- I když bude otázka vyžadovat podrobnou a dlouhou odpověď, Referent by se jí stejně měl snažit zodpovědět poctivě a výstižně. Jak jsme již uvedli, je věcí Oponenta, aby případně Referenta přerušil, aby mohl položit další dotazy.
- Je užitečné mít přehled o prezentovaných snímcích, aby mohl být rychle nalezen snímek potřebný k zodpovězení dotazu.

4.6.2.2. *Prezentace Oponenta (maximálně 4 minuty)*

Smyslem prezentace Oponenta je shrnutí nejdůležitějších výsledků, zhodnocení řešení úlohy, a vyzdvižení dobrých a špatných stránek experimentu i teorie.

- Oponent by měl prezentovat kritický rozbor referátu, a toho, jak pochopil hlavní myšlenky prezentace.
- Dobré výsledky by měly být vyzdviženy (s patřičným odůvodněním). Nebojte se pochválit dobré vystoupení!
- Oponent by měl poukázat na nedostatky referátu. Uvádějte nejprve, co *bylo* vykonáno, ale mohlo být vykonáno lépe, a teprve pak se zaměřte na to, co vykonáno být mělo, ale *nebylo*.
- Bývá užitečné uvést, zda zadání úlohy bylo či nebylo splněno. Každý opomenutý bod by měl být výstižně popsán.
- Jednotlivé body k diskusi by měl otvírat Oponent.
- Porota při hodnocení přihlíží nejen k úrovni vystoupení, ale i ke kvalitě podkladů.

4.6.2.3. *Diskuse (10 minut)*

Role Oponenta: Během diskuse by měl Oponent s Referentem podrobně hovořit o věcech, které Oponent považuje za zásadní z hlediska Referentova řešení úlohy a pochopení fyziky. Cílem Oponenta je rozvinout kultivovanou a efektivní diskusi, a dospět k poctivé a podrobné vědecké kritice, umožňující **další zdokonalení Referentova řešení úlohy**.

- Zaměřujte se na práci Referenta. Základem dobré diskuse je právě vlastní referát. V diskusi pak dále rozvíjíme fyziku za rámec prezentovaného řešení, nebo odhalujeme vady a nedostatky referátu. Diskuse by měla zůstat konstruktivní a cílená i v případě, že Referentova teorie či měření obsahují zásadní nedostatky: ty se snažíme identifikovat a současně objasňujeme, co se nepovedlo. Krátce: snažíme se o dořešení úlohy – nebo alespoň o nalezení možných přístupů k jejímu řešení.

- Pokud byl referát nenapadnutelný, můžete rozebírat možná rozšíření teorie nebo experimentální práce. Diskutujte, co a proč by mělo stát za další zkoumání, nebo rozbírejte, co by se stalo, pokud bychom změnili x či y .
- Obsahuje-li referát vnitřní rozpory (jako například protiřečící si nebo nepřiměřená přiblížení), máte dobrý námět pro vyvolání diskuse.
- Zaměřujte se na zásadní body, řadte diskutované body podle jejich důležitosti. Nezapředejte do triviálních formálních otázek, ani do nezáživých podrobností v teorii či experimentu.
- Formulujte krátké a jasné dotazy a používejte v diskusi jednoduchý jazyk. Komplikované jazykové konstrukce mohou ztížit pochopení problémů a vést k nesrozumitelné diskusi.
- Pokud Referent nezná správnou odpověď, nenechte se strhnout k jeho „školení“. Zůstaňte klidní a zdvořilí, snažte se Referenta dovést na správnou cestu. Pokud se vám to nezdaří, téma uzavřete a přesuňte se k dalšímu.
- Po diskusi každého bodu je vhodné několika slovy shrnout její výsledek. Vždy se snažte vyzdvihnout svoje mínění. Nebojte se jasně uvést, pokud s Referentem souhlasíte.
- Vyvarujte se používání své interpretace úlohy nebo svého řešení! Pokud je silný důvod se domnívat, že Referent nesplnil zadání úlohy, má to být zřetelně řečeno, ale diskuse by se stále měla zaměřovat na rozbor řešení Referenta, případně na otázku, jak by experimenty dopadly, pokud by byly provedeny podle původního záměru zadání úlohy.
- Oponent by za žádných okolností neměl používat argumenty typu „Výsledky Referenta musí být chybné, protože my jsme ve stejném experimentu pozorovali něco naprosto odlišného.“ Pokud jste schopni uvést silný fyzikální argument vysvětlující, proč je vysvětlení Referenta nesprávné, je to v pořádku a takový argument by naopak uveden být měl. Nicméně, protože popis a výsledky experimentů Oponenta nesmí být prezentovány a nemohou být tedy rozebírány, nedává smysl se na ně v argumentaci odvolávat.
- Má-li oponent svůj vlastní model, který nesouhlasí s modelem Referenta, měl by identifikovat zásadní rozdíly, které mohou potenciálně vést k odlišným výsledkům a rozebrat je v diskusi. Stále se ale musí zaměřovat na model Referenta, nikoliv na svůj. Inspirující otázky jsou například „Proč jste zvolili právě tento soubor základních zákonů?“, „Uvažovali jste při sestavování modelu i [nějaké další, konkrétní] fyzikální zákonitosti?“, „Zde by dávalo smysl použít [nějaký fyzikální zákon], uvažovali jste o něm? Proč ne?“, „Můžete prosím vysvětlit, proč jste provedli tento [jeden konkrétní] krok?“, atd.
- Běžným nešvarem při diskusi nedostatků referátu je odklonění pozornosti k vedlejším, nepodstatným jevům. Není například smysluplné detailně rozebírat zanedbání odporu vzduchu při popisu úlohy s padajícím magnetem (dodatek 6). Oponent by měl mít představu o tom, co je a co není důležité, co lze a nelze zanedbávat.
- Pokud bude mít otázku Referent, měl by na ní Oponent odpovědět. Jedná se o diskusi, nikoliv o zkoušení typu otázka – odpověď. Nicméně, debatu by se měl snažit vést Oponent.

Role Referenta: V průběhu diskuse je úkolem Referenta obhajovat svoje řešení a prokázat pochopení problematiky.

- Je důležité plně porozumět otázce Oponenta. Pokud něco není zcela jasné, požádejte Oponenta o vysvětlení, případně se obraťte na svůj tým. Je kontraproduktivní zabřednout do debaty založené na vzájemném nedorozumění.
- Referent by měl odpovídat k věci a být maximálně zřetelný a stručný. Je-li Oponent s odpovědí spokojen a nemá se k dalšímu rozvíjení tématu, měla by se diskuse posunout k další otázce.
- Diskusi by měl vést Oponent, to znamená, že by měl Referenta zastavit, pokud se diskuse odchyluje od tématu, je příliš dlouhá nebo neproduktivní. Nicméně, pokud se Referent domnívá, že nějaké klíčové vysvětlení v odpovědi stále schází, může Oponenta slušně požádat, aby ho nechal odpověď dokončit; odpověď by ale měla být maximálně stručná.
- Nebojte se zeptat Oponenta na zdůvodnění jeho nesouhlasného mínění (například „Proč si myslíte, že toto je podstatné?“ nebo „Jaký je váš názor na tuto otázku?“). Poměrně často totiž Oponent míří svoje otázky naslepo, což mohou otázky uvedeného typu odhalit. V jakékoliv reálné diskusi také musí mít obě strany příležitost se ptát. To ale nic nemění na tom, že debatu by měl vést Oponent.
- Připomeňte si, že na konci fyzikálního souboje má Referent závěrečné slovo (2 minuty), ve kterém může objasnit svoje stanovisko a reagovat na jakoukoliv nepodloženou kritiku.
- Je užitečné dobře znát svoje podklady k počítačové prezentaci a mít jednotlivé snímky očíslované, aby bylo možné rychle a přímo přeskakovat na potřebná místa.
- Zkuste předvídat, jaké otázky by mohl Oponent klást (ptejte se sami sebe, jaké otázky byste pokládali, pokud byste si prezentaci sami oponovali). Doporučujeme připravit si snímky s odpověďmi na takové otázky. Stejně tak se vyplácí mít po ruce podklady s jakýmkoliv pomocnými daty nebo výsledky, které mohou být v diskusi významné.

4.6.2.4. Shrnutí diskuse (1 minuta):

Tato část je velice důležitá! Cílem Oponenta v této fázi je podat shrnutí celé diskuse a prezentace. Uvědomte si, že toto je poslední vystoupení Oponenta; později už bude moci pouze zodpovídat dotazy.

- Vyzdviženy by měly být pouze podstatné body, ale neměly by být podrobněji rozebírány.
- Bývá vhodné zdůraznit jak nejdůležitější pozitivní výsledek, tak největší nedostatky i nejpodstatnější oblasti nesouhlasu.

Obecně

4.7. Recenze

Cílem recenze je prezentovat mínění o úrovni referátu i oponentury. Recenzent by měl proto pozorně naslouchat prezentaci, oponentuře i diskusi. Úkolem Recenzenta je zhodnotit tyto fáze a vyjádřit se: kdo byl přesvědčivější, jak dobře Referent obhajoval svoje výsledky, snášel kritiku a připouštěl svoje omyly, jak relevantní byly dotazy Oponenta, zda přispěly k vylepšení řešení nebo k jeho lepšímu pochopení atd.

Výuka

Ve třídě lze recenzi realizovat vícero způsoby. V obou dosud probíraných metodách hodnotí recenzent referenta i oponenta:

- V metodě *Sdílení dobrých postupů* může recenzent vyhlásit vítěze a přednést krátké zdůvodnění svého výběru.
- V metodě *Prezentují všechny skupiny* může recenzent oznámkovat referenta i oponenta podle rubrik uvedených v šabloně a učitel pak může tyto výsledky použít jako vodítko pro vyhlášení vítěze.

Ve třídě není na recenzi kladen velký důraz, nicméně dává příležitost zapojit studenty, kteří ani nereferují, ani neoponují. Ve třídě je přínosnější využít dostupný čas všeobecnou diskusí než se zaměřit na recenzi.

Soutěž

Úloha Recenzenta je sice částečně podobná kritickému rozboru prováděnému Oponentem, ale vyžaduje během stejné doby pokrytí i dalších záležitostí. Stručné, přesné a cílené vyjadřování je proto v této roli ještě důležitější než u oponentury.

V soutěži má Recenzent tři příležitosti k získávání bodů: kladením otázek, hodnocením celého procesu, a vyjadřováním svého úsudku a mínění. Očekává se, že Recenzent prezentuje svoje porozumění fyziky, ačkoliv není přímým účastníkem diskusí. Zjednodušeně řečeno, Recenzent by měl zformulovat podobné hodnocení, jaké by v této etapě vyjadřovala porota. Dobré zámky se většinou dávají v případě, kdy se Recenzent věnuje bodům, kterými by se zaobírala i porota.

Dotazy Recenzenta: Recenzent by měl pečlivě sledovat všechny předcházející etapy a měl by svůj čas na dotazy využít k pokrytí oblastí, které se dosud nevyjasnily, a témat, v nichž se jeho názor liší od Referenta, Oponenta, či obou. Zde je několik typů otázek, kterými se Recenzent může inspirovat:

- Požadujte zdůvodnění nějakého konkrétního přístupu, pokud nebylo prezentováno. Tím Recenzent ukazuje, že rozumí fyzice úlohy dostatečně na to, aby byl schopen odhalit, že nějaké zdůvodnění postupu stále schází.

- Vyzvěte Referenta nebo Oponenta, aby uvedli svůj názor k předmětu diskuse, pokud dosud nezazněl. Někdy Oponent sice kladl dotazy, ale už se nevyjádřil k odpovědím. Tímto Recenzent ukazuje, že sledoval celou diskusi a byl schopen odhalovat nedostatky.

Hodnocení a stanovisko Recenzenta: Od Recenzenta se očekává, že zhodnotí prezentaci a vystoupení Oponenta, a diskusi mezi Referentem a Oponentem. Současně se předpokládá, že se vyjádří k nejdůležitějším tématům. Obvyklá strategie bývá následující:

- Zhodnotit vystoupení Referenta, zaměřit se na jeho silné stránky a nedostatky. Některé referáty mohou být postaveny na experimentální práci se slabšími teoretickými modely; jiné jsou na tom zcela opačně. Většina referátů je ale někde mezi těmito krajními případy, a proto si Recenzent musí dávat dobrý pozor na to, které části byly vypracovány dobře, které jsou slabší a které nejsou jasné. Recenzent by měl **vysslovit svůj názor na platnost prezentovaných vývodů**.
- Vyjádřit se ke splnění zadání úlohy Referentem a zhodnocení tohoto Oponentem. Zhodnotil Oponent správně splnění zadání úlohy Referentem?
- Recenzent může uvést, jak by bylo možné referát dále vylepšovat.
- Shrnout vyjádření Oponenta. To znamená především identifikovat silné a slabé stránky referátu, a zhodnotit, zda tyto silné a slabé stránky byly popsány i Oponentem. Recenzent nemusí souhlasit s Oponentem a může obhajovat Referenta, pokud se mu zdá kritika Oponenta nepodložená. Může také vyzdvihnout body, které Oponent opomněl.
- Recenzent by měl zaznamenat všechny zásadní body diskuse a měl by se k nim vyjádřit. Zdůrazněny by měly být všechny oblasti, s nimiž Recenzent nesouhlasí, a mělo by jasně zaznít, jakou pozici k nim Recenzent zaujímá a proč.
- Recenzent může zhodnotit i diskusi jako takovou, to znamená například uvést, zda diskuse byla přínosná pro objasnění řešení a umožnila hlubší fyzikální pohled, či zda nepřispěla ani v jednom z těchto hledisek. Nebo zda diskuse byla zajímavá či nudná, zda se zabývala důležitými nebo relevantními tématy, nebo zabředala do podružných detailů apod.
- Je dobrým zvykem zdůraznit zásadní hlediska řešení (pokud takové jsou), které nebyly prezentovány ani v referátu, ani v rozboru Oponenta či v diskusi. Recenzent by pak měl uvést, proč tyto body považuje za významné.
- Recenzent by se měl vyjádřit k prezentaci – jak přesvědčivá byla a jak dobře Oponent prověřoval oprávněnost vývodů.

5. Závěr

Dostali jsme se na konec průvodce. Snažili jsme se stručně prezentovat informace potřebné k zavádění aktivit založených na Turnaji mladých fyziků (TMF) do vyučování i k přípravě studentů na vlastní soutěž. Řadu dodatečných informací jsme se rozhodli přesunout do dodatků. Struktura průvodce je taková, aby hlavní část byla dostatečná, stručná a přehledná, jako příručka, do níž člověk připravující aktivitu inspirovanou TMF opakovaně nahlédne. Informace v dodatcích jsou jiného rázu. Tyto vysvětlují některé detailní části procesu, ale po jejich pochopení není třeba se k nim vracet – proto jsme je z hlavního textu vypustili.

Přejeme vám mnoho úspěchů s využíváním TMF ve výuce nebo při přípravě soutěžního týmu!

Dodatky

Dodatek 1: Doklady o přínosu badatelsky zaměřených aktivit

Široký přínos zapojení studentů do badatelsky zaměřených aktivit byl popsán v celé řadě prací. Autoři knihy [1] provedli rozhovor se 61 vědci a učiteli, v němž zkoumali vliv TMF na studenty středních škol. Odpovědi potvrdily příznivý dopad na rozvoj dovedností potřebných k budoucí vědecké práci, včetně schopnosti týmového řešení vědeckých problémů a komunikační zdatnosti.

Článek [2] popisuje výsledky šetření mezi úspěšnými slovenskými vědci o faktorech, které ovlivnily jejich zájem o vědu na základní, střední i vysoké škole včetně doktorského studia. Jako hlavní činitelé byly identifikovány odborné soutěže a kvalita učitelů.

Miroslava Urbašíková v pracích [3] a [4] analyzovala pracovní zařazení více než 100 bývalých účastníků slovenského TMF a *Fyzikální olympiády* z let 1998 – 2004. Tento časový rozsah zajišťuje, že se všichni sledovaní účastníci již mohli uplatnit na trhu práce. Ukázalo se, že více než 75 % z nich pracovalo ve vědě. Prvky TMF také využila v běžné výuce a ukázala tak, že pomáhají rozvoji vědeckých dovedností.

[1] Zdeněk Klumber, Tomislav Stanišić, a Václav Skočdopole, *The Future is influenced by the Gifted*, Agentura Orbis 64, Praha (2008).

[2] Ján Pišút, *Vzdelávacie cesty špičkových vedcov na Slovensku*, Československý časopis pro fyziku **62**, 472 – 476 (2012).

[3] Miroslava Urbašíková, *Impakt rozvoja schopnosti k vedeckej práci na voľbu vedeckej kariéry*, Sborník konference DIDFYZ 2014, Nitra.

[4] Miroslava Urbašíková, *Spôsobilosti vedeckej práce v súťaži Turnaj mladých fyzikov*, dizertační práce, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislavě, Slovensko, 2017.

Dodatek 2: Typy experimentů

Experimenty ve vědě slouží k různým účelům. Může být užitečné popsat typy experimentů podle jejich účelu, protože tak identifikujeme jejich smysl a tím pádem i jejich cíle. V přístupu ISLE můžeme experimenty rozdělit na *observační*, *testovací* a *aplikační*.

- **Observační experiment.** Účelem observačního experimentu je vysvětlit pozorovaný jev. Jeho kroky jsou zpravidla následující:
 - **Pozorujte** jev nebo závislost.
 - **Navrhňte model** (vysvětlení) jevu. Například jednoduché slovní vysvětlení jevu můžeme považovat za kvalitativní mechanistický model (typy modelů jsou podrobněji diskutovány v dodatku 3).
 - Mějte na paměti všechny **předpoklady**, za nichž byl model navržen.
- **Testovací experiment.** Smyslem testovacích experimentů je testování navrženého modelu. Testování modelu vždy znamená porovnávání předpovědí modelu s výsledky experimentů. Postup je zpravidla následující:
 - **Navrhňte testovací experiment.** Můžeme rozlišit dva druhy testovacích experimentů: *nový*, a *opakovací*.
 - **Nový experiment.** Jedná se o nejsilnější typ testovacího experimentu. Mělo by se jednat o nové experimentální uspořádání, které je odlišné od uspořádání observačního experimentu. Úspěšná předpověď i pro nový experiment pak potvrzuje, že model platí i v dalších souvislostech a situacích.
 - **Systematické „opakování“ observačního experimentu.** Cílem tohoto druhu experimentů je potvrzení, že navržený model skutečně popisuje výsledky observačního experimentu i pro pozměněné hodnoty parametrů. Takové experimenty obvykle provádíme, pokud je chování výsledků observačního experimentu natolik složité, že není zřejmé, jak je drobná změna parametrů ovlivní. V TMF se obvykle setkáváme právě s tímto druhem testovacích experimentů.
 - **Zvětšení rozsahu parametrů** mimo původní oblast je také druh testovacího experimentu, na který můžeme nahlížet jako na směs „nového“ a „opakovacího“ experimentu.
 - Na základě navrženého modelu **předpovězte** výsledek testovacího experimentu. Je-li model správný a provedeme-li správně testovací experiment, měl by výsledek experimentu odpovídat předpovědi modelu. Předpovědi bývá vhodnější připravovat před provedením experimentů (kvůli vyloučení možné podjatosti). Při dostatečné sebekázní lze předpovědi formulovat i po experimentech, jakmile je jasné, které experimenty budou s modelem porovnávány.
 - **Provedte experimenty.** Zaznamenejte naměřená data.

- **Porovnejte** výsledek experimentu s předpovědí modelu. Data z předpovědí i z experimentů bývá potřeba vhodně analyzovat. Uvažujte odchylky měření.
- **Vyhodnoťte model.** Odpovídají jeho předpovědi výsledkům experimentů dostatečně dobře?
 - Pokud **model souhlasí**, můžeme model přijmout.
 - Pokud **model nesouhlasí**, zkontrolujeme předpoklady modelu.
 - Pokud **předpoklady splněné jsou**, model odmítneme. Takto můžeme vyloučit některé z navržených modelů. Pokud žádný model nezůstává, sestrojíme model nový a s ním pak celý proces zopakujeme.
 - Pokud **předpoklady splněné nejsou**, model patřičně upravíme a sestrojíme předpověď na základě tohoto upraveného modelu. S upraveným modelem pak celý popsaný proces zopakujeme.
- **Aplikační experimenty** slouží k vyřešení konkrétní úlohy z praxe. V TMF jsou zpravidla tohoto typu úlohy nazvané *Vynalezněte sami*. Cílem aplikačního experimentu je využít známou fyziku k vyřešení problému z praxe. Může se jednat například o změření fyzikální konstanty (gravitační konstanta, měrná tepelná kapacita, ...) nebo parametru (moment hybnosti, ...), nebo třeba o vyvinutí zařízení se specifickou funkcí, jako je seizmometr, teploměr, generátor náhodných čísel apod. Potřebné kroky jsou obvykle následující:
 - **Identifikujte znalosti fyziky** potřebné k vyřešení úlohy.
 - **Navrhněte zařízení/postup** a úlohu vyřešte.
 - **Zhodnoťte funkčnost a výkonnost** vašeho zařízení/postupu. Nalezněte nezávislou metodu, kterou změříte výkonnost vašeho zařízení/postupu, a s níž pak výsledky vašeho zařízení/postupu porovnáte. Pokud se nezávislý experiment nedá rozumně sestavit, využijte k porovnání výsledky v literatuře.

Dodatek 3: Typy modelů

Za **model** považujeme v širokém slova smyslu cokoliv, co umožňuje ze známých vstupních parametrů předpovědět výsledek. Lze sestavovat různé typy modelů a na různých úrovních.

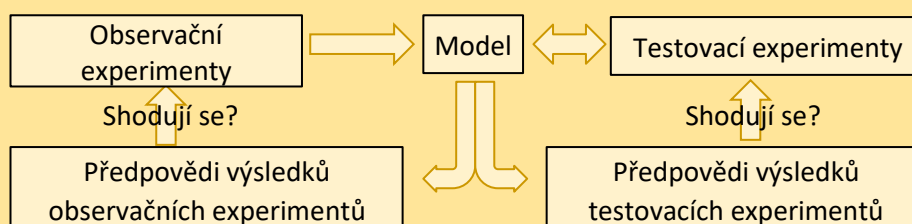
- **Fenomenologický model** popisuje závislost jedné veličiny na druhé, aniž by se snažil tuto závislost vysvětlit.
 - Nejjednodušším takovým modelem je například výrok, že se jedná o rostoucí či klesající funkci.
 - Obvyklý fenomenologický model zpravidla spočívá ve stanovení matematického tvaru funkce (exponenciála, polynom, sinusovka, ...). Ten bývá odhadován pouze z průběhu naměřených dat, bez ohledu na jakýkoliv fyzikální vztah.
- **Mechanistický model** už zahrnuje popis příčinného vztahu mezi fyzikálními veličinami. Zde jsou uvedeny hlavní druhy mechanistických modelů, s nimiž se běžně setkáváme v TMF:
 - **Kvalitativní model.** Chápeme základní chování na popisné úrovni a jsme schopni kvalitativně vysvětlit, jak jednotlivé parametry ovlivňují systém nebo jak se projeví na měřené veličině. Nejsme ale schopni sestavit matematický model, který by jednotlivé parametry vztahoval k měřitelným hodnotám. Kvalitativní model umožňuje předpovídat výsledky experimentu na jednoduché úrovni, třeba prostřednictvím pojmů jako „veličina klesá“, „veličina roste“ apod. Pro řadu složitých úloh je toto maximum, které lze od studentů reálně očekávat.
 - **Numerický kvantitativní model.** Rozumíme základnímu chování systému a jsme schopni jej popsat i matematicky, ale analytické odvození výsledných vztahů je příliš obtížné (řešení nelineárních diferenciálních rovnic, výpočet složitých integrálů, ...). V řadě případů je možné řešit sestavené rovnice numericky. Tyto numerické výsledky pak slouží jako předpověď modelu – obvykle ji lze zobrazit ve formě grafu funkční závislosti, nebo třeba jako pokročilou animaci pohybu apod.
 - **Pochopení existujícího kvantitativního modelu.** Pro některé úlohy už byl model publikován dříve v literatuře, ale je přitom natolik složitý, že nelze od studentů očekávat, že budou schopni jeho odvození zreprodukovat. V těchto případech stačí, pokud jsou studenti schopni popsat konečný výsledek. To znamená identifikovat výchozí rovnice, pochopit předpoklady odvození výsledných vztahů, a mít rámcovou představu o krocích použitých při odvozování. Studenti by měli být schopni především vysvětlit roli jednotlivých parametrů ve výsledných vztazích, a jejich souvislost s parametry výchozích rovnic.
 - **Analytický kvantitativní model.** Studenti sestaví výchozí rovnice a z nich analyticky odvodí konečný výsledek. Výsledkem takového modelu je většinou rovnice (funkce) popisující závislost měřené veličiny na vstupních parametrech.

Každý model je založen na fyzikálních zákonech či mechanismech, jako jsou Newtonovy pohybové zákony či Lenzovo pravidlo, a staví na **předpokladech**, jako třeba nulový odpor vzduchu,

adiabatický průběh změny, konstantní tlak apod. Většina zákonů (vztahů) platí pouze za splnění určitých předpokladů (například v rovnici pro „magnetické pole dlouhého solenoidu“ nám přídavné jméno „dlouhého“ dokonce předpoklady jasně připomíná). Případné selhání modelu může být způsobeno porušením některého z předpokladů, nikoliv jenom použitím špatného fyzikálního zákona. Typickým příkladem porušení předpokladů je použití balistiky v situacích, kdy není zanedbatelná vztlaková síla.

Dodatek 4: Podrobnosti k testovacím experimentům

Pozorování, model, test. Observační experimenty slouží k sestrojení modelu (vysvětlení, rovnice). Testovací experimenty slouží k podrobnému prověření modelu. Při bádání jsou všechny tyto tři fáze vzájemně propojeny, jak je popsáno v dodatku 2:



Uvedeme zde několik konkrétních **příkladů testovacích experimentů**, protože podle našich zkušeností nemívají studenti s tímto přístupem zkušenosti. Budeme rozlišovat dva druhy testovacích experimentů – „nový“ (aparaturu je nutné změnit) a „opakovací“ (podrobné měření ve stávající aparatuře).

Příklad:	Padající magnet (dodatek 6)
Pozorování:	Magnet padající kovovou se pohybuje pomaleji než mimo ni.
Vysvětlení (kvalitativní):	Magnet pod sebou a nad sebou indukuje proudové smyčky, které podle Lenzova zákona vyvolávají sílu brzdící magnet.
Testovací experiment (nový):	V trubce vyřízneme podélnou štěrbinu, abychom přerušili proudové smyčky.
Předpověď založená na vysvětlení:	Smyčka byla přerušena, proud nemá kudy téci, magnet proto bude padat rychleji nebo nebude vůbec brzděn.
Výsledek:	Magnet padá rychleji.
Vyhodnocení:	Výsledek je v souladu s předpovědí. Elektrický proud sice může štěrbinu někudy obtékat, nicméně brždění magnetu je výrazně potlačeno.

Příklad:	Kmity závaží na pružině (dodatek 5)
Pozorování:	Perioda kmitů se s rostoucí hmotností závaží m prodlužuje.
Vysvětlení (kvantitativní):	Daná pružina vyvíjí vždy stejnou sílu, proto zrychlení těžšího závaží menší. Doba potřebná k průchodu dané vzdálenosti je úměrná odmocnině zrychlení. Perioda kmitů se proto s rostoucí hmotností prodlužuje úměrně \sqrt{m} .

Testovací experiment (opakovací):	Proměříme funkční závislost periody kmitů na hmotnosti závaží. (Experimentální uspořádání je stejné jako u observačního experimentu; nyní ale systematicky a podrobně měříme data potřebná pro porovnání s modelem – proto mluvíme o testovacím experimentu.)
Předpověď založená na vysvětlení:	Závislost periody T na hmotnosti by měla být odmocninová, $T \propto \sqrt{m}$. V linearizované formě tedy budeme ověřovat vztah $T^2 \propto m$.
Výsledek:	Závislost opravdu odmocninová je, tj. pozorujeme lineární vztah mezi T^2 a m . Poznámka: tento výsledek lze očekávat pouze v případě, že se budeme pohybovat v mezích malé elastické deformace popsané Hookovým zákonem. Pohyb závaží při překročení této meze může být námětem pro pokročilou badatelskou činnost studentů.
Vyhodnocení:	Výsledky experimentu souhlasí s předpovědí. Konstantu úměrnosti můžeme při znalosti tuhosti pružiny dále srovnat se známým vztahem $T = 2\pi\sqrt{m/k}$.

Kdy potřebujeme *nový* testovací experiment?

V řadě případů vystačíme v testovacím experimentu se stejnou měřicí aparaturou, jako v observačním experimentu. Podrobné systematické měření se stávající aparaturou je důležité zejména v následujících případech:

- Výsledky observačního experimentu jsou složité. Typicky v případě, že funkční závislost nelze popsat jednoduchou matematickou funkcí.
- Model je popsán natolik složitou rovnicí, že její grafické znázornění není jednoduché. Typicky se jedná o matematické výrazy tvořené příliš mnoha (byť jednoduchými) členy.

Za uvedených podmínek není dosažení shody mezi předpovědí modelu a experimentálními výsledky pouze záležitostí určení vhodných koeficientů, ale spíše nalezení vhodného matematického výrazu nebo rovnice. Výsledky rovnice (předpovědi modelu) proto nejsou zřejmé a podrobným měřením je potřeba důkladně prověřit, zda navrhovaný model vysvětluje pozorovaný jev uspokojujícím způsobem.

Do přestavby aparatury či stavby nové aparatury (a tedy do „nových“ testovacích experimentů) se pouštíme především v případech, pokud:

- Výchozí vysvětlení je jednoduché a zřejmě odpovídá observačnímu experimentu; nelze tedy očekávat, že by další měření ve stávající aparatuře přineslo novou informaci.
- Nelze sestavit kvantitativní předpověď pro výsledek observačního experimentu (rovnice jsou příliš složité, jev je neodmyslitelně kvalitativní apod.). Ukázkovým příkladem je úloha *Padající magnet*, kde se v observačním experimentu dá kvantifikovat pouze doba pádu. Model kvantitativně předpovídající dobu pádu sice lze s dostatečnými znalostmi sestavit,

nicméně některé týmy nemusí mít potřebné znalosti, aby to zvládli. Pro takové týmy je pak užitečnější sestavit nový experiment – pozorovat například pád magnetu skrz řadu izolovaných smyček, a sestavit kvalitativní předpověď třeba o směru proudu ve smyčkách pod a nad magnetem. Nebo navrhnout jiný experiment, v němž budeme sledovat pád trubkou s výřezy; pro něj lze předpovídat, že se doba pádu zkrátí.

Dodatek 5: Jednoduchý příklad do třídy – kmity závaží na pružině

Postupy TMF napodobují metody vědeckého bádání. Abychom si tyto metody přiblížili, popíšeme jednoduchý příklad, který může být použitý při vyučování a který dobře ilustruje jednotlivé kroky.

Výběr úlohy

Zadání úlohy je samozřejmě většinou navrhováno učitelem.

1	Zadání úlohy	<i>Pružinový oscilátor sestává z jedné nebo více pružin, jejichž jeden konec je připevněn k nosníku a na druhém konci je zavěšeno jedno nebo více závaží. Prozkoumejte, jak charakter oscilací a jejich perioda závisí na relevantních parametrech.</i>
2	Předvést experiment	Je-li to nutné, je možné ukázat náčrtek, video nebo skutečný experiment, aby studenti získali představu o popsaném jevu.

Výchozí model

3	Výchozí model	Studenti podvědomě mívají představu o tom, co se děje: <ul style="list-style-type: none"> • Povzbuzujte je, aby svoje představy vyjadřovali. • Výchozí představy by měly sloužit jako zdroj návrhů a nápadů, co může stát za prozkoumání. Formulujeme tedy zkoumané otázky.
		Příklad výchozího modelu: Vychýlíme-li závaží z rovnovážné polohy, bude na něj pružina působit vratnou silou a může tedy dojít k oscilacím.
4	Relevantní parametry	Parametry v experimentu: závaží, pružina, tření, počáteční výchylka. Teorie: pružina působí na závaží silou; závaží se vychýlí; roli mohou hrát Newtonovy pohybové zákony a Hookeův zákon; může se uplatňovat tření. Relevantními parametry v teorii tedy je tuhost pružiny, hmotnost závaží, tření, počáteční výchylka.

Vyberte si, co budete zkoumat

Každá skupina studentů se rozhodne, jakou závislost proměří. Tím v podstatě formuluje zkoumanou otázku

5	Základní zkoumané otázky	Jak závisí perioda kmitů na tuhosti pružiny?
		Jak závisí perioda kmitů na hmotnosti závaží?
		Jak závisí perioda kmitů na počáteční výchylce nebo amplitudě kmitů?



6	Mírně pokročilé zkoumané otázky	Jak závisí perioda kmitů na náklonu?
		Jak závisí perioda kmitů na tření (nepřetlumené oscilace)?
7	Pokročilé zkoumané otázky	Jak závisí perioda kmitů na tření (přetlumený případ)?
		Jak se změní perioda kmitů, budou-li jejich amplitudy velké?
		Je trajektorie závaží přesně harmonická? Jaká je anharmonicitu pohybu?
		Jak se změní pohyb závaží, pokud je jeho hmotnost srovnatelná nebo menší, než je hmotnost pružiny?
		Jak se změní pohyb závaží, pokud se dostaneme mimo režim elastické deformace?
		Jak se bude systém chovat, pokud závaží rozkýveme? Za jakých podmínek bude nejsilnější vazba mezi kyvy a kmity závaží?

Učitel může některé z těchto jevů předvést, aby si studenti uvědomili jejich existenci a měli tak motivaci k jejich podrobnějšímu prozkoumání. Tato přípravná fáze může zabrat až 20 minut.

Sestrojení aparatury a observační experimenty

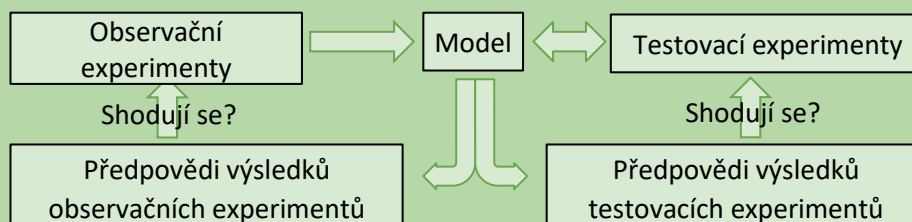
V následujících 20 minutách studenti sestaví svoje aparatury a provedou několik předběžných měření.

8	Sestrojení aparatury	Sestavte aparaturu.
		Zvolte měřicí přístroje (stopky, pravítka, váhy, ...)
9	Předběžné (observační) experimenty	<p>Provedte několik orientačních měření:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seznamte se s rozsahem měřených veličin • Získejte předběžnou představu o měřené závislosti • Identifikujte případné experimentální potíže (stojan padající při větších amplitudách kmitů, překročení meze elastické deformace pružiny, ...)

Tyto předběžné experimenty mají dva cíle: získat cit pro nastavení a odezvu v následujících systematictějších měřeních, a posloužit jako výchozí bod pro přemýšlení o modelu nebo vysvětlení pozorovaných jevů.

Systematické observační/testovací experimenty

Observační experimenty slouží k sestrojení modelu (vysvětlení, rovnice). Testovací experimenty slouží k podrobnému prověření modelu. Při bádání jsou všechny tyto tři fáze vzájemně propojeny, jak je popsáno v dodatku 2:



Studenti by si měli uvědomovat, že jejich cílem je porovnat „experiment s teorií“, nebo přesněji řečeno, „výsledky experimentu s předpověďmi modelu“. To znamená, že by měli mít alespoň částečný výchozí model nebo představu, se kterou budou moci měření porovnávat. A právě proto bychom je měli vést k tomu, aby tuto svoji představu zformulovali. Smyslem následujících systematických měření je potom vylepšení modelu a získání dat pro podrobnější porovnání s modelem.

10	Systematické (testovací) experimenty	Smyslem systematických experimentů je zjistit, zda předpovědi modelu souhlasí s pozorovanými experimentálními výsledky (bez ohledu na to, zda už model máme, nebo ho budeme teprve formulovat).
11	Sběr dat	Zvolte dostatečný počet hodnot nezávislých proměnných (alespoň tři). Pro hmotnost závaží, tuhost pružiny i počáteční výchylku by mělo stačit 5 hodnot. Hodnoty rozvrhněte tak, abyste pokryli celou zajímavou oblast: buď většinu dosažitelného rozsahu, nebo oblast, kde jsou nejvýraznější změny závislé proměnné (v našem případě periody kmitů). Pro každou hodnotu parametru měření několikrát zopakujte, abyste získali statistiku a odhad odchylky. Tři opakování jsou v podstatě nutností; lepší je opakovat měření třeba 6× pro každý bod.
12	Odhad odchylek	Z opakovaných měření vypočtete průměr a jeho směrodatnou odchylku. Tu pak můžete vyjádřit pomocí chybových úseček. Dalším zdrojem nepřesností jsou měřící zařízení sama o sobě. Váhy, měřící pásy, optické závory, teploměry i jakákoliv další zařízení mají omezené rozlišení (dílký stupnic) a konečnou přesnost kalibrace.
13	Prezentace dat	Kdykoliv to je možné, sestrojte graf. <ul style="list-style-type: none"> • Popište osy a uveďte fyzikální jednotky veličin. • Zakreslete chybové úsečky.

Sestrojení modelu

Cílem vědy je pochopení a vysvětlení jevu, které zde reprezentujeme sestrojením modelu. Se studenty můžeme sestrotit model na třech úrovních:

14	Fenomenologický model	<p>Cílem tohoto modelu je popsat data.</p> <p>Příklady: na základě provedených měření odhadneme, že perioda kmitů T je přímo úměrná odmocnině hmotnosti závaží m (tzn. $T = C_1\sqrt{m}$) a nepřímo úměrná odmocnině tuhosti pružiny k (tj. $T = C_2/\sqrt{k}$). Studenti by se měli obecně naučit tyto a podobné závislosti y na x odhadovat tak, že vynesou data v různých formátech, jako třeba y vs. x, y^2 vs. x, y vs. x^2, $\ln y$ vs. x, y vs. $\ln x$, y vs. $1/x$, atd.</p> <p>Fenomenologický model je pouze matematickým popisem naměřených dat (odhadneme, zda je závislost kvadratická, exponenciální, lineární, ...), který ale neumí vysvětlit, proč pozorujeme právě tuto konkrétní závislost.</p> <p>Toto je nejnižší úroveň, kterou by ale pro jednoduché úlohy měl zvládnout opravdu každý – máme tak jistotu, že každý student má možnost s řešením úlohy alespoň v minimální míře uspět. Většina studentů by nicméně měla být schopna vysvětlit i příčiny pozorovaných funkčních závislostí.</p> <p>I ve vlastní soutěži TMF může být fenomenologický popis maximem toho, co lze dosáhnout při vysvětlování složitých jevů. Tento model ale nebývá hodnocen příliš vysoko.</p>
15	Kvalitativní vysvětlení	<p>Navrhněte kvalitativní vysvětlení. Slovně popište, proč se něco děje.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nalezněte kvalitativní vztah: čím větší síla F, tím větší zrychlení a; čím větší zrychlení, tím kratší čas t je potřeba k překonání dané vzdálenosti; čím větší hmotnost závaží, tím menší zrychlení, ...
16	Kvantitativní model	<p>Navrhněte kvalitativní model:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nalezněte kvalitativní vztahy mezi veličinami ($F = kx$, $a = F/m$, $x = at^2/2$) Pokuste se spojit závislou proměnnou (periodu) s nezávislými parametry (hmotnost závaží, tuhost pružiny, ...). Na střední škole nelze očekávat, že studenti budou umět vyřešit diferenciální rovnici, ale i bez toho by měli být schopni dospět z uvedených vztahů k modelu $T^2 \propto k/m$.

Porovnání

Nejdůležitějším bodem vědeckého přístupu je porovnání předpovědi modelu s výsledky experimentů. Jedná se také o klíčovou část jakékoliv aktivity využívající přístup TMF.

17	Předpověď	<p>Kvalitativní: Perioda by se měla zkracovat s hmotností (při stejné tuhosti pružiny), a perioda by se měla prodlužovat s rostoucí tuhostí pružiny (při stejné hmotnosti závaží). Podobně lze předpovídat i závislosti na dalších parametrech.</p> <p>Kvantitativní: Kvantitativní model předpovídá $T = \sqrt{2m/k}$. Při porovnání modelu s experimentem můžeme odhadnout, že lepší závislost je $T = \xi\sqrt{m/k}$ kde ξ je neznámý koeficient. Někteří studenti mohou být schopni odvodit i správnou hodnotu konstanty, a dostat tak známý vztah $T = 2\pi\sqrt{m/k}$.</p>
18	Porovnání	<p>Vykreslete graf porovnávající předpovězenou křivku s měřenými daty.</p> <p>Linearizujte: na svislé ose můžete vynést T^2 místo T, čímž získáte graf lineární závislosti. Toto je nejjednodušší cesta, jak můžete prověřit tvar funkční závislosti, aniž byste museli přihlížet ke konkrétním hodnotám koeficientů. V této fázi je takový přístup dostatečný.</p> <p>Jak dobře odpovídá předpovězená křivka změřeným periodám? Odpovídá v rámci chybových úseček, nebo ne? V našem jednoduchém případě stačí konstatování, že závislost je/není odmocninová. Přesná teoretická předpověď je sice $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, ale nedá se očekávat, že ji všichni studenti budou schopni odvodit. Proto je do vyučování dostačující model $T = \sqrt{2m/k}$, odvozený za předpokladu, že síla působící na závaží je stále stejná.</p> <p>Vysvětlete jakékoliv nesrovnalosti a rozdíly. Někteří studenti nebudou schopni úplně vysvětlit, proč pozorujeme faktor 2π místo $\sqrt{2}$. Měli by ale být schopni připustit, že není splněn předpoklad o neměnnosti síly působící na závaží. Síla, a tedy i zrychlení, se s přibližováním k rovnovážné poloze postupně zmenšuje a pohyb se proto zpomaluje. Je tak zřejmé, že faktor ξ by měl být větší, než $\sqrt{2}$ (což skutečně pozorujeme). Někteří studenti budou schopni správně odvodit i hodnotu $\xi = 2\pi$, nicméně se může snadno stát, že ani tento model nebude úplně přesně popisovat měřená data a pak by měly být diskutovány možné příčiny pozorovaného rozdílu.</p>

Prezentace výsledků a kritický rozbor

Referování a kritický rozbor jsou pravděpodobně vrcholem jakékoliv aktivity využívající přístup TMF. Kritický rozbor vyžaduje ustanovit skupinu oponentů, kteří budou referát rozebírat.

19	Referát	Studenti uvedou svoje zkoumané otázky a cíle svého bádání.
		Prezentují svoji měřící aparaturu a postup měření a sběru dat.
		Dále prezentují svoje výsledky, pokud možno ve formě grafů. Například závislost periody kmitů na hmotnosti závaží určitě do grafu vynést lze. Nezapomínat na chybové úsečky!
		Studenti prezentují svoje vysvětlení jevu: třeba „čím těžší závaží, tím menší zrychlení a tím delší perioda kmitů“. Pokud studenti dospěli ke kvantitativnímu modelu $T \propto \sqrt{m/k}$, tím lépe.
		Studenti ukážou porovnání mezi svým modelem a výsledky svých měření.
		Studenti jasně odpoví na svoje zkoumané otázky.
20	Kritický rozbor (diskuse)	Jiná skupina studentů (opONENTI) rozebere, jak silně jsou podepřeny závěry skupiny referujících studentů.
		Oponenti proberou kteroukoliv část referátu, která podle nich zasluhuje vysvětlení, a upozorní na části, které jím nepřijdou správné (problémy se většinou týkají modelu). Pokud narazí na neočekávané výsledky měření, měli by se zaměřit i na prověření experimentálního zařízení.
		Oponenti také položí otázky prověřující základní znalosti fyziky jevu referující skupiny.

Tímto je završena celá badatelská aktivita ve třídě. Může ještě následovat fáze hodnocení, kde někdo (nejlépe ostatní týmy) zhodnotí referát i diskusi.

Dodatek 6: Příklad úlohy TMF – Padající magnet

Tento dodatek představuje příklad úlohy řešené na různých soutěžních úrovních TMF.

Úloha

1	Zadání úlohy:	<i>Padá-li silný magnet neferomagnetickou kovovou trubicí, působí na něj brzdící síla. Prozkoumejte tento jev. (Úloha č. 16 z ročníku 2013/14)</i>
---	---------------	--

Tato úloha dobře splňuje kritéria pro výběr úlohy: snadno opatřit lze magnety i kovové trubky. K pokročilejším měřením pak stačí obyčejný levný modul osciloskopu k počítači.

Výchozí pozorování

2	Provedení popsaných experimentů	Necháme padat magnet kovovou trubicí. Pro průměry magnetu blízké světlosti trubky bývá jev téměř vždy zřetelný.
---	---------------------------------	---

Výchozí model

3	Výchozí myšlenka	Studenti podvědomě mívají představu o tom, co se v experimentu odehrává: <ul style="list-style-type: none"> Měli by svoji představu explicitně vyjádřit. Tato výchozí představa by měla sloužit jako zdroj nápadů a návrhů, co může stát za prozkoumání. Formulujeme tedy zkoumané otázky.
		Při pohybu magnetu se magnetické pole v trubce mění. To vyvolává vířivé proudy, které podle Lenzova zákona brání změně magnetického pole. Magnetické pole těchto proudů tedy nějakým způsobem přispívá ke zpomalování pádu magnetu.
4	Relevantní parametry	Pád: hmotnost magnetu. Elektrické proudy: odpor trubky, měrná vodivost materiálu trubky, tloušťka stěn, průměr trubky. Interakce mezi magnetickým polem a trubicí: intenzita magnetického pole (počet magnetů), vzdálenost mezi magnetem a trubicí.

Vyberte si, co budete zkoumat

Každý tým si stanoví cíle svého bádání. Měl by se přitom zaměřovat na zkoumání závislostí na popsanych relevantních parametrech. Čím více parametrů je vyšetřováno, tím lépe. Užitečnější ale bývá důkladné zkoumání (byť třeba jen jediného parametru). Povrchní zkoumání spousty parametrů zpravidla vede pouze k povrchním výsledkům.

5	Základní zkoumané otázky	Jak závisí doba pádu na průměru trubky?
		Jak závisí doba pádu na materiálu trubky?
		Jak závisí doba pádu na hmotnosti magnetu (při stejné intenzitě magnetického pole)?
6	Středně pokročilé otázky	Jak závisí doba pádu na počtu magnetů? (Počet magnetů současně ovlivňuje hmotnost padajícího tělesa, jeho geometrii i intenzitu magnetického pole.)
		Můžeme podat důkaz, že v trubce teče elektrický proud?
7	Pokročilé otázky	Jaký je „tvar“ elektrických proudů v trubce?
		Jaký další typ pohybu (kromě pádu) magnet vykonává?
		Jak ovlivňuje tvar magnetu jeho pohyb při pádu? Uvažte, že je nesmírně těžké změnit geometrii magnetu, aniž by se změnila intenzita jeho magnetického pole.

Sestrojení aparatury a observační experimenty

V návaznosti na zkoumanou otázku sestojí studenti experimentální aparaturu a provedou prvotní měření. Tento proces jde často ruku v ruce s návrhem modelu. Studenti si často ani neuvědomují jednotlivé články řetězu: návrh modelu, provedení experimentů, porovnání s modelem, vylepšení modelu, provedení experimentů, porovnání s modelem, ... V prezentaci úlohy se většinou ukazuje pouze nejlepší model.

8	Sestavení aparatury	Sestavíme aparaturu.
		Zvolíme vhodné měřicí přístroje (stopky, hodinky, pravítko, váhy, osciloskop, optické závory, ...)
9	Výchozí pozorování (observační experiment)	<p>Provedeme několik měření</p> <ul style="list-style-type: none"> • Osaháme si rozsahy měřených veličin. • Získáme představu o obecné závislosti. • Odhalíme a odstraníme případné experimentální potíže (vratký stojan, nefunkční optické závory, chybně zapojené kontakty a mnoho dalších).

Následující se vztahuje především k základním a mírně pokročilým zkoumaným otázkám.

10	Systematické experimenty	Smyslem systematických testovacích experimentů je zjistit, zda předpovědi modelu souhlasí s experimentálními výsledky. Je pravděpodobné, že zatím ještě nebudeme mít kvantitativní model, který bychom mohli porovnávat s experimentálními výsledky. V tomto případě se tak bude jednat spíše o observační než o testovací systematické experimenty.
		Účelem systematických observačních experimentů je vytvoření modelu. Pro uvedené základní a mírně pokročilé zkoumané otázky bude cílem navržení fenomenologického modelu (typy modelů viz část 4.4 a dodatek 3), tj. kvantitativní popis jevu. Vysvětlení jevu přitom nejspíše zůstane kvalitativní.
11	Sběr dat	Zvolte dostatečné množství hodnot nezávislých proměnných. Nejmenší smysluplný počet je 3 (průměry trubek, materiály trubek, tloušťky stěn trubek, ...).
		Rozvrhněte hodnoty nezávislých proměnných tak, abyste pokud možno pokryli celou zajímavou oblast.
		Pro každou hodnotu parametru měření několikrát zopakujte, abyste získali statistiku a odhad odchylky. Tři opakování jsou v podstatě nutností; lepší je opakovat měření třeba 6× pro každý bod.
12	Prezentace dat	Kdykoliv to je možné, sestrojte graf. <ul style="list-style-type: none"> ● Popište osy a uveďte fyzikální jednotky veličin. ● Zakreslete chybové úsečky.

Následující popisuje především přístup k pokročilým zkoumaným otázkám.

13	Nové testovací experimenty	V tomto případě budou testovací experimenty testovat kvalitativní model, proto i jejich charakter bude kvalitativní. Navrhovaný model předpovídá, že zásadním fyzikálním jevem zodpovědný za zpomalování magnety jsou elektrické proudy v trubce. Testovací experimenty by se proto měly zaměřit na zjišťování, zda pohyb magnetu v trubce skutečně indukuje elektrický proud.
		Experiment 1: Vyřízněte podél trubky jednu nebo více štěrbin. Toto by mělo přerušit tok vířivých proudů, nebo alespoň drasticky změnit jejich geometrii.
		Experiment 2: Nahraďte trubku delším solenoidem. V tomto případě by se měly vyrušit proudy tekoucí v opačných směrech pod a nad

		<p>magnetem (s výjimkou úplného začátku a konce solenoidu). To znamená, že by magnet neměl být zpomalován. Použijete-li více cívek, můžete zesílit jevy, k nimž dochází na koncích solenoidů.</p> <p>Experiment 3: Nechte magnet padat skrz vodivé prstence (nízké cívky). V nich bychom měli zaznamenat při průchodu magnetu elektrický impuls. Použijete-li místo trubky větší počet vodivých prstenců, můžete proměřit časový i prostorový průběh vířivých proudů</p> <p>Experiment 4: Vezměte prstence různých tvarů a uspořádání, abyste mohli modelovat očekávané prostorové průběhy vířivých proudů v předchozích experimentech. Porovnejte výsledky: odpovídá vliv vyvolaný různě tvarovanými prstenci předpovídanému průběhu proudů v trubce?</p>
14	Sběr dat	<p>Zvolte dostatečné množství hodnot nezávislých proměnných. Nejmenší smysluplný počet je 3 (průměry trubek, materiály trubek, tloušťky stěn trubek, ...).</p> <p>Rozvrhněte hodnoty nezávislých proměnných tak, abyste pokud možno pokryli celou zajímavou oblast.</p> <p>Pro každou hodnotu parametru měření několikrát zopakujte, abyste získali statistiku a odhad odchylky. Tři opakování jsou v podstatě nutností; lepší je opakovat měření třeba 6× pro každý bod.</p>
15	Prezentace dat	<p>Kdykoliv to je možné, sestrojte graf.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Popište osy a uveďte fyzikální jednotky veličin. • Zakreslete chybové úsečky.

Návrh modelu

Model je kýženým cílem, nicméně v závislosti na zadání úlohy můžeme dospět k modelu na různých úrovních. Pro úlohu padající magnet je realistické dospět k fenomenologickému a kvalitativnímu modelu. Kvantitativní model už zasahuje příliš daleko za znalosti studentů, nicméně i tento je dosažitelný.

16	Fenomenologický model	<p>Smyslem tohoto modelu je popis dat.</p> <p>Příklady: Nalezení funkce, která dostatečně přesně popisuje, jak doba pádu magnetu závisí na materiálu trubky, průměru trubky, nebo tloušťce stěn trubky. Toto je pouze matematický popis, bez vysvětlení příčiny a bez fyzikálního pozadí.</p>
----	-----------------------	--



17	Kvalitativní vysvětlení	<p>Navrhňte kvalitativní vysvětlení. Popište slovně, proč dochází ke zpomalování magnetu.</p> <p>Příklad:</p> <ul style="list-style-type: none">• Pohyb magnetu způsobuje, že se magnetické pole v trubce neustále mění. To vede k indukci elektromotorického napětí, které vyvolává vířivé proudy.• Magnetické pole vyvolané těmito proudy bude mít podle Lenzova zákona opačný směr než magnetické pole magnetu. Magnetické pole před magnetem roste. Vířivé proudy proto vyvolají magnetické pole, které bude opačné než pole magnetu. Za magnetem bude magnetické pole klesat. Vířivé proudy proto vyvolají magnetické pole stejného směru, jako pole magnetu.• Pole pod magnetem tlačí magnet nahoru a stejně tak pole nad magnetem táhne magnet nahoru. Toto je pozorovaná brzdící síla, zpomalující pohyb magnetu.
18	Kvantitativní model	<p>Ke kvalitativnímu modelu doplníme kvantitativní vztahy.</p> <p>Příklad:</p> <ul style="list-style-type: none">• Magnetický moment magnetu M je úměrný jeho magnetické indukci B_0 a jeho objemu V, tzn. $M = C_1 B_0 V$, kde C_1 je konstanta.• Elektromotorické napětí U indukované ve smyčce je úměrné časové změně magnetického toku $\Phi = BS$. V našem případě se mění pouze magnetické pole magnetu, resp. jeho prostorové rozložení $B(z)$ (plocha smyčky S je stále stejná), proto je indukované napětí úměrné časové změně magnetického pole, tzn. $U = C_2 dB/dt$.• Elektrický proud vyvolaný elektromotorickým napětím ve smyčce o infinitezimální výšce dz můžeme pomocí Ohmova zákona vyjádřit jako $dI = C_3 U w dz / (\rho r)$, kde r je poloměr trubky, w je tloušťka stěny trubky, a ρ je měrný elektrický odpor materiálu trubky.• Magnetický moment proudové smyčky M' je úměrný proudu a obsahu smyčky, tedy $M' = C_4 I r^2$.• Síla F mezi dvěma magnetickými momenty je úměrná jejich velikosti a nepřímoúměrná čtvrté mocnině jejich vzdálenosti z, tzn. $F = C_5 M' M / z^4$.• Spojením těchto vztahů dostaneme pro působící brzdnou sílu vztah

		$F = C_6 B_0 V \frac{wr}{\rho} \frac{dz}{dt} \int_0^l \frac{dB(z')}{(z' - z_0)^4} dz' \quad (1)$ <p>Jakmile se rychlost pádu magnetu $v_z \equiv dz/dt$ ustálí, můžeme ji považovat za konstantu. Souřadnice z_0 je poloha magnetu v trubce (ta začíná na souřadnici $z' = 0$ a její délka je l)</p> <ul style="list-style-type: none"> S uvážením, že ve stacionárním režimu je tato síla vyrovnaná s tíhou magnetu mg (m je hmotnost magnetu a g je gravitační zrychlení), dostáváme pro velikost ustálené rychlosti $v_{z\infty}$ vztah $v_{z\infty} = \frac{C_7 m g \rho}{B_0 V w r \int_0^l \frac{dB(z')}{(z' - z_0)^4} dz'} \quad (2)$ <ul style="list-style-type: none"> Uvedený integrál je možné pro některá vhodná přiblížení vypočítat analyticky. <p>Uvažovali jsme zatím pouze dobu pádu. Vzhledem k nestabilní rovnováze způsobené proudy pod magnetem může magnet navíc precedovat. Precesi magnetu můžeme zkoumat podobným přístupem, jako vlastní pád. Tomuto zajímavému jevu se zde nicméně nebudeme dále věnovat.</p>
19	Numerický model	<p>Pokud se kvantitativní model nedá dopočítat analyticky, můžeme využít numerické simulace. Rozdělením trubky na tenké plátky můžeme rozumně odhadnout proud tekoucí každým plátkem, a tak i síly působící na magnet. V takovém numerickém výpočtu (jednoduché numerické integraci) pak můžeme snadno určit jak ustálenou rychlost, tak dobu pádu magnetu.</p>
<p>Porovnání</p>		
<p>Nejdůležitějším prvkem vědeckého přístupu je porovnání předpovědi modelu s výsledky experimentů. Je to i nejdůležitější část bádání během přípravy na soutěžní klání.</p>		
20	Předpovědi	<p>Kvalitativní:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pokud trubku nařízíme, doba pádu se zkrátí. Nahradíme-li trubku solenoidem, bud doba pádu stejná, jako pro volný pád. Čím silnější je magnet (při stejné hmotnosti), tím delší je doba pádu. Čím větší je vodivost trubky, tím delší je doba pádu. Čím větší je tloušťka stěny trubky, tím delší je doba pádu. Čím těžší je magnet (při stejném magnetickém poli), tím kratší je doba pádu.

		<p>Kvantitativní:</p> <p>Kvantitativní model je tvořen výše uvedenými rovnicemi (1) a (2). Pomocí nich lze předpovídat celou řadu veličin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dobu pádu $T = l/v_{z\infty}$ • ustálenou rychlost $v_{z\infty}$ • graf závislosti rychlosti magnetu na výšce, $v_z(z)$ <p>a jejich závislosti na parametrech této rovnice. Jedná se nám především o předpovědi měřitelných veličin. Jednoduše lze proměřit například závislosti $T(m)$, $T(w)$, $T(r)$ nebo $T(B_0)$.</p>
21	Porovnání	<p>Pro kvalitativní předpovědi srovnáme kvalitativně předpovězené a pozorované chování. Omezujeme-li se na kvalitativní porovnání, je vhodné mít kvalitativní předpovědi pro vícero jevů.</p> <p>Pro kvantitativní předpovědi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sestrojíme graf předpovídané hodnoty v závislosti na zvolené nezávislé proměnné. To znamená například grafy funkcí $T(m)$, $T(w)$, $T(r)$ nebo $T(B_0)$. • Linearizace: zkusíme dospět k lineárnímu grafu, např. tím, že na horizontální osu vyneseme $1/w$ nebo $1/r$. Takové závislosti by měly být lineární, pokud byl správný předpoklad o velmi rychlém dosažení ustálené rychlosti. • Jak dobře prochází předpovídaná přímka (křivka) zobrazovanými změřenými daty? Shodují se v rámci chybových úseček? • Vysvětlíme jakékoliv nesrovnalosti a odchylky od modelu. Co mohlo být příčinou, pokud linearizované grafy nebyly lineární? Byl správně předpoklad o tom, že ustálená rychlost je dosažena velmi rychle? Jak by se měl graf změnit, pokud by tento předpoklad neplatil a jaké odchylky ve skutečnosti pozorujeme? Popsali jsme správně prostorový průběh magnetického pole?

Prezentace výsledků a kritický rozbor

Tato nejdůležitější část celého TMF probíhá během vlastního soutěžního klání.

22	Referát	Studenti uvedou zkoumané otázky a svoje cíle.
		Dále prezentují svoje experimentální zařízení a použité metody měření.
		Studenti prezentují svoje výsledky. Vhodnější bývá graf – například závislost doby pádu na hmotnosti magnetu lze zobrazit přehledněji v grafu než v tabulce. Měly by být vyznačeny i odchylky měření.
		Studenti prezentují svoje vysvětlení jevu: změna magnetického pole během pádu magnetu indukuje v trubce vířivé proudy; ty pak prostřednictvím Lenzova zákona působí na magnet svým magnetickým polem.
		Studenti prezentují porovnání mezi svým modelem a výsledky svých měření.
		Studenti prezentují jasné odpovědi na svoje zkoumané otázky.
23	Kritický rozbor (diskuse)	Jiný tým studentů (Oponent) rozebírá, jak přesvědčivé jsou závěry referujícího týmu.
		Tento tým rozebere kteroukoliv část referátu, o které má pocit, že zasluhuje bližší vysvětlení, nebo o které se domnívá, že není správně (což je většinou model). Pokud se podivně chovají výsledky měření, je potřeba se zaměřit na činnost experimentálního zařízení.
		Oponent klade otázky, kterými prověřuje, že Referent správně porozuměl základní fyzice související se zkoumaným jevem.
		Oponující tým by neměl zmiňovat vlastní řešení úlohy. Otázky by měly být směřovány výhradně k řešení, které předvedl referující. Většinou se týkají základní fyziky sestaveného modelu, experimentálního zařízení a přesnosti měření. Doporučujeme, aby oponent vyjadřoval svoje stanovisko k diskutovaným tématům – zde je pro něj velmi užitečná vlastní znalost fyziky daného jevu.
		Příklady vhodných otázek a postojů: <ul style="list-style-type: none"> • „Proč si myslíte, že se rychlost ustálí brzy“? Oponent sice může vědět, že ustálení rychlosti pádu trvá dlouho, ale nemůže to říci, protože by tím prezentoval svoje řešení a nereagoval na výsledky referenta. Místo toho může takto referenta přinutit k doložení svého tvrzení; případně může oponent argumentovat dále ve stylu „Při nebrzděném volném pádu by magnet této rychlosti dosáhnul (například) až v polovině délky trubky, a proto si



		<p>myslím, že při brzděném pádu jí dosáhne ještě spíše později“. Takováto argumentace oponenta už je založena pouze na základní fyzice a podložených vývodech, nikoliv na vlastních datech oponenta.</p> <ul style="list-style-type: none">• „Výsledky experimentů se liší od vyvinutého modelu. Můžete ten rozdíl vysvětlit“? Taková otázka vede referujícího k tomu, aby předvedl pochopení fyzikálních procesů. Oponent pak může k tomuto rozdílu zaujmout vlastní stanovisko, jako „Jsem přesvědčen, že pozorovaný rozdíl je způsoben chybným předpokladem modelu, že se rychlost pádu ustálí dostatečně brzy“. Pokud se názory referujícího a oponenta o příčinách rozdílu liší, může dojít k velmi plodné a zajímavé debatě o možných příčinách tohoto rozdílu.• „Jak se změní vaše teoretické předpovědi, pokud se rychlost neustálí dostatečně brzy“? Taková otázka se vztahuje k prezentovanému modelu a je hypotetická, což oponentovi umožňuje vyjádřit svůj názor, aniž by se odkazoval na svoje data: „Myslím si, že by se (takovým či onakým způsobem) změnila počáteční fáze pohybu, zatímco zbývající část už by byla popsána modelem referenta“.• „Jak byste dále zlepšili přesnost měření“? I zde má oponent možnost k vyjádření svého názoru, jako třeba „Bylo možné měřit vícekrát a zmenšit tak náhodnou odchylku měření“ nebo „Místo měření stopkami by bylo možné použít optické závory a měření doby pádu tak významně zpřesnit“. Oponent by se měl snažit v diskusi s možnými zlepšeními přicházet.
		<p>Příklady nevhodných otázek a postojů:</p> <ul style="list-style-type: none">• „Prezentovali jste (takový či onaký) model, ale my víme, že pokud byste výslednou rovnici odvodili správně, tak...“. Tímto oponent předkládá svoje data nebo model.• „Řekli jste, že pokud vyřízneme do trubky štěrbinu tak by se neměla změnit doba pádu. My ze svých experimentů ale víme, že ...“. Takto se oponent opět odvolává na svoje výsledky. Oponent může vyjádřit svůj nesouhlas jiným způsobem: „Váš model předpovídá, že pád magnetu je brzděn díky indukci vířivých proudů; myslím si, že pokud bude v trubce štěrbinu, tak zamezí průtoků vířivých proudů, a proto by se měla doba pádu zkrátit“.

Tímto je proces TMF uzavřen.



Dodatek 7: Vedení experimentální práce

Experimentální práce může být vedena různými způsoby. Účinným způsobem, jak vést experimentální práci bez nutnosti podávání konkrétních pokynů je poskytnutí vzoru hodnotící zprávy nebo souboru kritérií pro hodnocení úkolů (jako v dodatku 12 nebo hodnotící formulář – scoresheet IYPT¹⁰). Úlohou hodnotícího archu je načrtnout, co se u jednotlivých úkolů očekává a uvést běžné nedostatky, které se ve spojení s řešením úkolů mohou vyskytnout. Studenti by měli v rámci své práce postupovat v souladu s tímto archem a sami sebe ohodnotit, zda dosáhli všeho, co se od nich očekávalo. Pro ukázkou jsou takové šablony uvedeny v dodatcích 10 – 12 tohoto dokumentu. Učitelé by si je sami měli vyzkoušet, aby zjistili, které z nich nejlépe vyhovují jim samotným i jejich studentům. Prověřený arch rubrik navržený tvůrci systému pro výuku vědy ISLE.¹¹ Pro běžnou práci v hodinách se systém rubrik zprvu může jevit jako příliš komplikovaný. Jednodušší může být použití výsledkového archu IYPT z roku 2018.¹² Studenti, kteří rubriky nikdy nepoužívali, budou zpočátku potřebovat určitý trénink, nicméně vzhledem k tomu, že rubriky jsou poměrně univerzální a mohou být využity v rámci řešení mnoha laboratorních úkolů bez nutnosti jejich úprav, má pro studenty jejich osvojení smysl. Pokud jsou rubriky používány v průběhu celého středoškolského studia, ve chvíli, kdy studenti dosáhnou 16 či 17 let, tedy věku, kdy se obvykle TMF účastní, jsou s nimi již plně seznámeni.

¹⁰ https://iypt.org/wp-content/uploads/2019/03/scoresheet_v.15.3.19.pdf

¹¹ <https://sites.google.com/site/scientificabilities/rubrics>

¹² https://old.iypt.org/images/3/3f/scoresheet_Feb2018.pdf

Dodatek 8: Co se očekává? Jak „nový“ výzkum musí být?

Na výsledkovém archu IYPT je kritérium s názvem „vlastní přínos“. Otázka, jak originální, nový či dokonce průkopnický by výsledek měl být, se klade poměrně často. Zvláště, pokud existuje vědecký článek, který danou problematiku řeší v její plné šíři. Níže uvádíme, co je považováno za „nové“ v rámci TMF.

- Vědecké články obvykle bývají příliš formalizované, mívají složitou strukturu. Řečeno jinými slovy, v takových případech je základní fyzikální vysvětlení jevu ukryto ve složitých matematických výpočtech. Pokud se řešiteli úlohy podaří vymyslet kvantitativní popis s využitím výrazně jednoduššího matematického popisu, je to považováno za „nové“ řešení.
- Další možností je zopakování daného experiment s vlastním nastavením a potvrzení či vylepšení již existujících výsledků.
- V oblasti dynamiky tekutin je za „nové“ považováno, pokud řešitel demonstruje základní pochopení daného jevu, předvede několik kvantitativních experimentů a daný jev popíše. Vzhledem k náročnosti matematického popisu je výše uvedené tou nejvyšší metodou, kterou lze rozumně dosáhnout.
- Na druhé straně existují úlohy, jejichž základní řešení je přímočaré a jednoduché. V takovém případě je třeba, aby se student zaměřil na originalitu výzkumu a hloubku v rámci experimentálního i teoretického bádání, tzn. student by si měl klást složitější otázky a snažit se najít na ně odpověď.

Dodatek 9: Jak motivovat studenty?

Pokud se učitel rozhodne pro aktivitu v rámci hodiny, je pro plné zapojení studentů důležité, aby jim aktivita přišla smysluplná a užitečná. Hlavní motivací je pro většinu studentů příležitost zapojit tvořivost a dosáhnout úspěchu, dvě klíčové vlastnosti, které se skrývají v badatelských úlohách. Z hlediska tvořivosti je to možnost sám rozhodovat o procesu za použití různých dovedností (komunikace, výpočty, experimentování, vizualizace a prezentace). Důvodem pro zapojení všech studentů do práce na projektech je získání dovedností, které přesahují hranice konkrétního předmětu a mají tudíž všeobecné uplatnění napříč ostatními předměty. Podobné vysvětlení z úst pedagoga může studenty nadále motivovat.

Jak nalézt potenciální účastníky TMF

Studenti disponují různými talenty. Pokud nabídneme studentům množství odlišných úloh v rámci běžné výuky fyziky, neomezíme se na číselné nebo prezentační úlohy, můžeme dle způsobů, jakým studenti úlohy vyřeší, a podle míry jejich zapojení vyzorovat vhodné budoucí kandidáty TMF.

Vzhledem k tomu, že se soutěže TMF účastní obvykle až studenti vyšších ročníků středních škol, doporučuje se již studentům nižších ročníků zadat minimálně tři různé typy úloh:

- **Klasické výpočetní úlohy:** tyto typy úloh se u studentů přednostně používají k posouzení schopnosti obecného vědeckého myšlení a matematických dovedností. Je důležité, aby se pedagogové nezaměřili pouze na výsledky řešení dosažené během studentovi práce v hodině, tedy práce ve stresu, pod tlakem, ale přihlédli i k výsledkům, ke kterým studenti dojdou doma, v prostředí uvolněné atmosféry, v rámci domácích úkolů.
- **Experimentování a měření:** při řešení jednodušších i komplexnějších projektů se mohou projevit studenti, kteří disponují dobrými experimentálními dovednostmi. Tyto projekty mohou sloužit jako aktivity v rámci hodin fyziky nebo individuálně doma. Výstupem projektu by měl být protokol o měření. Učitelé by se měli ujistit, že projekt obsahuje jak jednodušší úlohy (šance uspět pro každého), tak úlohy složité, které mohou odhalit nadané studenty.
- **Prezentace (a diskuze):** studenti by měli být schopni představit výsledky svého projektu, neboť prezentační a komunikační dovednosti jsou klíčové nejen pro účast na TMF, ale i pro běžný život.

Obecně lze říci, že studenti, kteří dosáhnou dobrých výsledků ve dvou výše zmíněných typech projektů a průměrně obstojí u třetího typu, se mohou stát velmi úspěšnými účastníky TMF.

TMF je ve všech ohledech náročná soutěž. Během TMF se studenti musejí potýkat s množstvím nových úkolů (např. postavení experimentu, vědecká diskuze). Bez toho, aniž by obětovali čas a energii, nemohou dosáhnout úspěchu. Je proto nezbytné, aby účastníci posilovali svou vnitřní

motivaci. Bez dostatečné vnitřní motivace nebudou ochotni věnovat čas důkladnému zkoumání úlohy, pracovat na zlepšování komunikace nebo vytváření a upevňování týmu.

Následující seznam příležitostí může účastníkům sloužit jako motivace k soutěži.

- **Příležitost cestovat, zkušenost z pobytu v multikulturním prostředí.** TMF se často koná na jiném kontinentu, než kde leží studentova domovská země, a účastní se jí více než 30 států. Organizátoři pořadatelské země vždy dělají, co je v jejich silách, aby představili studentům to nejpozoruhodnější z daného místa. Účastníci se tak mohou setkat se zajímavými lidmi a navštívit exotické destinace.
- **Intenzivní zážitek z týmové práce.** Nadaní studenti, kteří se účastní předmětových olympiád obvykle nebývají špičkovými atlety. Ve většině případů se tudíž necítí jako členové jednoho týmu, který společně míří k vytyčenému cíli. TMF je soutěž, která jim tuto jedinečnou příležitost může nabídnout.
- **Nevšední fyzikální úlohy.** Mnohé ze 17 úloh, které se v rámci soutěže řeší, probouzejí hlubší zájem studentů. Chtějí jim porozumět a vyřešit je. Ne vždy se však vyplatí nechat studenty vybrat si úlohu blízkou jejich zájmům. Studenti totiž často tíhnou k tomu, že si zvolí příliš náročnou úlohu a zásluhou toho neuspějí (viz. počáteční příprava).
- **Příležitost procvičit si a prohloubit znalost anglického jazyka.** Týmům složených z nerodilých mluvčích anglického jazyka by pedagogové měli zdůraznit, že účast na TMF představuje skvělou příležitost k procvičení běžné každodenní i specializované angličtiny.
- **Dovednosti pro běžný život.** Pro úspěšné absolvování soutěže je potřeba disponovat mnoha schopnostmi (např. prezentační dovednosti, komunikace vědy, schopnost programovat, dovednosti pro vedení diskuze a vyjednávání). Zvládnutí těchto dovedností má uplatnění nejen u fyziků ve výzkumu, ale neméně i v běžném životě.
- **Možnost setkat se s profesionály a vyzkoušet si špičkové přístroje a aparatury.** Další motivací pro studenty a jejich účast na TMF může být možnost seznámit se s moderními a drahými nástroji a přístroji a potkat se s univerzitními učiteli, vědci, chemiky atd.
- **Možnost reprezentovat vlastní zemi.** Je důležité si uvědomit, že studenti svou účastí na TMF reprezentují svou zemi. Vzhledem k tomu, že TMF je soutěží prestižní, mnozí studenti mohou být o to více hrdí a motivovaní, a k celé situaci přistupují s větší odpovědností a celkové přípravě věnují více úsilí.
- **Nejen teoretické znalosti se počítají.** U fyziků se většinou předpokládá vysoká úroveň teoretických znalostí. *Neboť* slovo fyzik je součástí názvu soutěže, může tato skutečnost odrazovat studenty, kteří mají zájem, jsou motivovaní, ale nedisponují pokročilými znalostmi fyziky. Stojí proto za to studentům zdůrazňovat, že v rámci TMF mají komunikační dovednosti stejnou váhu jako teoretické znalosti či jiné dovednosti. Vyřešení úlohy není totiž jen čistá aplikace teoretických znalostí, nýbrž vyžaduje i sestavení a provedení experimentu a profesionální zhodnocení jeho výsledku.

Jak bylo již zmíněno na začátku této kapitoly, na rozdíl od tradičních řešitelských soutěží, je TMF

komplexním turnajem, který od kandidátů vyžaduje různé dovednosti **sahající za rámec pouhých znalostí fyziky**. Při **výběru vhodných studentů** je proto třeba vzít v potaz mnoho odlišných hledisek.

- **Motivace.** Jak již bylo uvedeno na začátku této kapitoly, účast na TMF stojí studenty mnoho času a energie. Skutečně uspějí jen ti, kteří se do projektu položí s plným nasazením.
- **Týmový duch.** Samotná soutěž i příprava soutěži předcházející vyžaduje schopnost týmové práce a neustálé spolupráce. Účast v soutěži může být přínosem pro studenty ze sociálně znevýhodněného prostředí; v takovém případě je třeba si být vědom možných rizik, které mohou mít vliv na fungování týmu a v krajním případě vést k jeho rozpadu.
- **Tvořivost.** V rámci soutěže musí být studenti schopni přijít s originálními/novými měřeními a ta uvést do praxe při řešení jejich úlohy.
- **Dobrá znalost anglického jazyka.** Není nutné, aby znalost angličtiny účastníků byla na úrovni roditelých mluvčích, nicméně by studenti měli být na takové úrovni, která jim umožní vést plynulou vědeckou diskuzi a dialog. Studenti s nedostatečným osvojením angličtiny nemohou diskuzi vést, a tudíž ani ukázat jejich skutečné znalosti fyziky.
- **Umění debatovat.** Patří sem schopnost správně posoudit situaci, rychlé uvažování a sebedůvěra. Během diskuze se studenti mohou běžně dostat do situace, kdy jiný tým dojde ke zcela odlišnému řešení. V roli Oponenta nebývá po prezentaci zprávy mnoho času na další přípravu. Je třeba reagovat rychle. Připravit si otázky, poznat a vymezit kritické body a následně vést debatu o výsledcích, v jejímž rámci musí obhajovat svá vlastní stanoviska.
- **6) Dobré prezentační dovednosti.** Klání je samozřejmě postaveno na vědecké prezentaci. Je důležité, aby prezentace měla strukturu, plán a řídila se řečnickými pravidly.

Při výběru kompletního týmu není nutné, aby všichni studenti disponovali dovednostmi na srovnatelné úrovni. 1 až 2 studenti mohou mít dobré teoretické znalosti, jiní dávají přednost experimentům nebo vynikají v komunikaci. Bývá pravidlem, že účastí na TMF student rozvine i tu dovednost, která mu není tolik vlastní, nicméně je důležité usilovat o vyvážený rozvoj všech dovedností každého studenta.

Dodatek 10: Vzor hodnotící zprávy pro Oponenta

Úloha: Referenti: Oponenti: Recenzenti:

1. Úroveň vysvětlení jevu referentem.

5 😊😊😊	Zcela srozumitelné přesné vysvětlení.
4 😊😊	Srozumitelné přesné vysvětlení.
3 😊	Částečně srozumitelné vysvětlení. Několik zkoumaných otázek nezodpovězeno.
2	Neúplné vysvětlení. Většina zkoumaných otázek nezodpovězena.
1 😞	Žádné vysvětlení.

Připomínky/Otázky:
.....

2. Úroveň teoretického modelu, který referent použil k popsání jevu.

5 😊😊😊	Přesný a detailní model.
4 😊😊	V základu dobrý model.
3 😊	V základu dobrý model s několika nedostatky.
2	Popsána pouze malá část modelu.
1 😞	Model zcela chybí.

Připomínky/Otázky:
.....

3. Úroveň experimentální práce referenta.

5 😊😊😊	Velmi četná a přesná měření.
4 😊😊	Četná a přesná měření.
3 😊	Dostatek měření.
2	Několik měření.
1 😞	Žádné měření nebo velmi nepřesné.

Připomínky/Otázky:
.....



4. Porovnání mezi teorií a experimentem.

5 😊😊	Přesvědčivé porovnání. Omezení teorie vysvětleno.
4 😊	Odchytky kvalitativně zdůvodněny.
3 😊😐	Porovnání spíše dobré, ale ne zcela.
2 😐	Určité porovnání provedeno.
1 😐😐	Žádné nebo téměř žádné porovnání.

Připomínky/Otázky:

.....

5. Splnění úkolu.

4 😊😊	Zajímavé originální řešení.
3 😊	V některých ohledech nad průměrem.
2	Průměrné.
1 😐	Částečně splněno nebo úloha chybně pochopena.

Připomínky/Otázky:

.....

6. Vlastní přínos.

4 😊😊	Mnoho nových, tvůrčích myšlenek, nápadů.
3 😊	Několik nových, tvůrčích myšlenek, nápadů.
2	Zmíněna jedna nová, tvůrčí myšlenka, nápad.
1 😐	Žádné vlastní nápady, myšlenky.

Připomínky/Otázky:

.....

7. Komunikace vědy.

4 😊😊	Celkově jasná, objasňující.
3 😊	Některé její části dobré.
2	Průměrná.
1 😐	Částečně srozumitelná nebo nesrozumitelná.

Připomínky/Otázky:

.....



Dodatek 11: Vzor hodnotící zprávy pro Recenzenta

Úloha: Referenti: Oponenti: Recenzenti:

1. Úroveň vysvětlení jevu referentem.

5 😊😊😊	Zcela srozumitelné přesné vysvětlení.
4 😊😊	Srozumitelné, více či méně přesné vysvětlení.
3 😊	Částečně srozumitelné vysvětlení. Několik zkoumaných otázek nezodpovězeno.
2	Neúplné vysvětlení. Většina zkoumaných otázek nezodpovězena.
1 😞	Žádné vysvětlení.

Připomínky/Otázky:

2. Úroveň teoretického modelu, který referent použil k popsání jevu.

5 😊😊😊	Přesný a detailní model.
4 😊😊	V základu dobrý model.
3 😊	V základu dobrý model s několika nedostatky.
2	Popsána pouze malá část modelu.
1 😞	Model zcela chybí.

Připomínky/Otázky:

3. Úroveň experimentální práce referenta.

5 😊😊😊	Velmi četná a přesná měření.
4 😊😊	Četná a přesná měření.
3 😊	Dostatek měření.
2	Několik měření.
1 😞	Žádné měření nebo velmi nepřesné.

Připomínky/Otázky:

4. Oponentovi připomínky k silným stránkám prezentace a případným nedostatkům.

4 😊😊	Silné stránky i slabiny správně zmíněny.
3 😊	Silné stránky a slabiny rozebrány nerovnoměrně.
2	Zmíněno jen několik silných stránek a slabín.
1 😞	Žádné silné stránky ani slabiny nezmíněny.

Připomínky/Otázky:

5. Úroveň a množství oponentových otázek v diskuzi.

4 😊😊	Velmi dobré otázky.
3 😊	Dobré otázky.
2	Pouze několik otázek nebo otázky nesouvisející s tématem.
1 😞	Žádné otázky nepoloženy.

Připomínky/Otázky:

6. Zapojení referenta do diskuze.

4 😊😊	Všechny otázky vhodně a slušně zodpovězeny.
3 😊	Většina otázek zodpovězena.
2	Zodpovězeno několik otázek.
1 😞	Žádná otázka nezodpovězena, referent byl nezdvořilý nebo často přerušoval diskuzi.

Připomínky/Otázky:

7. Zapojení oponenta do diskuze.

4 😊😊	Oponent se tázal zdvořile, vhodně a efektivně, nesnažil se prezentovat vlastní výsledky.
3 😊	Oponent se tázal efektivně, ale ne už tak zdvořile a vhodně, zmínil vlastní výsledky.
2	Zápolezení proběhlo v přijatelných mezích. Oponent byl schopen vést alespoň minimální debatu.
1 😞	Oponent nebyl schopen diskuze s Referentem. Byl nezdvořilý, často přerušoval diskuzi.

Připomínky/Otázky:



8. Nepostihnutá fyzika a/nebo otázky:

.....
.....
.....

9. Dle mého názoru vítězství v diskuzi náleží:

Referentovi	Oponentovi	Oběma
-------------	------------	-------

10. Připomínky a komentáře k dalším aspektům:

.....
.....
.....
.....

Dodatek 12: Vzor pro hodnocení při použití metody „prezentují všechny týmy“

Úloha: Referenti: Oponenti: Recenzenti:

Číselná hodnocení v uvedených tabulkách jsou zamýšlena jako spojitá hodnoty (je možné uvést např. hodnocení 1,6), nicméně dobře může posloužit i použití pouze celých čísel.

D12.1. Referent

Zkoumané otázky

1	Nejsou jasně vyjádřeny.
2	Jsou jasně vyjádřeny.
3	Zodpovězeno několik otázek.

Výběr experimentů

1	Experimenty chybí. Výzkum je čistě teoretický.
2	Experimenty neumožňují důkladné probádání zkoumaných otázek (např. rozsah hodnot parametrů je příliš omezený nebo aparatura neumožňuje odpovídající měření).
3	Experimenty jsou vhodně zvoleny.

Fyzika (modely, vztahy)

1	Modely a vztahy s řešenou úlohou nesouvisí.
2	Modely jsou odpovídající, ale obsahují základní omyly nebo nedostatky.
3	Fyzikální modely jsou povětšinou správné; obsahují jen drobné omyly nebo nedostatky.
4	Modely jsou správné a podrobné.

Data

1	Data chybí.
2	Analýza dat obsahuje vážné nedostatky.
3	Analýza dat obsahuje drobné nedostatky, případně chybí rozbor odchylek měření.
4	Analýza dat je správná, včetně rozboru odchylek měření.

Závěry

1	Závěry chybí nebo jsou zcela nejasné.
2	Závěry nejsou podloženy daty nebo chybí jasné odpovědi na zkoumané otázky.
3	Závěry a odpovědi na zkoumané otázky obsahují drobné nedostatky.
4	Závěry a odpovědi na zkoumané otázky jsou jasné a podloženy daty.

D12.2. Oponent

Otázky

1	Otázky nebyly položeny nebo nesouvisely s tématem.
2	Položeno několik otázek, pouhé objasnění témat již zmíněných.
3	Otázky prohloubily poznání prezentované úlohy.
4	Otázky prohloubily poznání prezentované úlohy a související fyziky.

Fyzika (modely, vztahy)

1	Modely a vztahy s řešenou úlohou nesouvisejí.
2	Modely jsou odpovídající, ale obsahují základní omyly nebo nedostatky.
3	Fyzikální modely jsou povětšinou správné. Obsahují jen drobné omyly nebo nedostatky.
4	Modely jsou správné a podrobné.

Navrhovaná vylepšení

1	Žádná vylepšení nebyla navržena.
2	Navržena vylepšení týkající se experimentů.
3	Podány návrhy na vylepšení experimentů a fyzikálních modelů.