Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Mechanika v úlohách FO

Vypracoval: Adam Pešta

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D.

České Budějovice 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích, dne 18. dubna 2024 ....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval RNDr. Pavlu Křížovi, Ph. D. za cenné rady, pomoc, podporu a vedení při psaní této bakalářské práce.

Anotace

Předmětem bakalářské práce je zanalyzování obsahů příkladů všech kategorií fyzikálních olympiád a vytvoření statistického pohledu na počet příkladů z oboru mechaniky a jejích podoborů v jednotlivých kategoriích. Analýza se zabývá vybranými deseti dohledatelnými ročníky fyzikálních olympiád. Na základě výsledků účastníků pak byla podrobněji analyzována kategorie D.

Klíčová slova

Fyzikální olympiáda, mechanika, analýza

Annotation

The subject of the Bachelor's thesis is the analysis of the contents of tasks from all categories of Physics Olympiads and the creation of a statistical perspective on the number of tasks from the field of mechanics and its subfields in individual categories. The analysis deals with selected ten retrievable years of Physics Olympiads. Based on the participants' results, category D was further analyzed in detail.

Key words

Physics Olympiad, mechanics, analysis

Obsah

1 Úvod

Jak název napovídá, tato práce se zaobírá příklady Fyzikálních olympiád, a to jak těmi teoretickými, tak i experimentálními. Hlavním cílem práce je zanalyzování vybraných ročníků Fyzikálních olympiád z hlediska obsahu mechaniky ve všech kategoriích a kolech. Obor mechanika byl k této analýze vybrán hlavně z toho důvodu, že se mechanika nachází v příkladech napříč všemi kategoriemi. Dalším důvodem pak je, že se jedná o úplně první oblast, se kterou jsou žáci v prvních hodinách fyziky seznamováni, takže by se tento obor dal považovat za nejdůležitější.

Dalším cílem této práce je zanalyzování vývoje výskytu mechaniky napříč kategoriemi od G až po A a taktéž vývoje výskytu vybraných podoborů mechaniky. Podrobnější analýza pak čekala kategorii D, v níž se všechny příklady zabývaly mechanikou. Zde je cílem detailně zanalyzovat příklady a úspěšnost řešitelů.

Soutěže mohou mít několik výhod pro studenty ve vyučovaných předmětech. Jak už to u nich obvykle nastává, soutěže mohou studenty více motivovat ke zlepšení svého výkonu, zvýšení snahy a úsilí, když se snaží vyhrát, nebo minimálně předčít ostatní soutěžící. To může mít pozitivní dopad na jejich vůli a schopnosti.

Dalším výrazným kladem soutěží je využití svých znalostí a dovedností v praxi a v reálných situací, což žákům přiblíží problematiku, dokáží ji lépe aplikovat a vytvoří si tak lepší vazbu mezi teoretickými znalostmi a těmi praktickými.

Některé soutěže nutí žáky spolupracovat v kolektivu a vytvořit tým. To může prospět studentům k rozvoji sociálních dovedností a ke zlepšení komunikace. Naučí se pracovat v týmu, vystupovat před lidmi a prezentovat své nápady, návrhy a popisovat své myšlenky.

Soutěže jsou velmi pravděpodobně pro většinu žáků, hlavně těch mladších, zábavnější a zajímavější formou učení. Tím pádem se zvyšuje i šance na to, že studenti projeví větší zájem o učivo a problematiku.

2 Fyzikální olympiáda

Fyzikální olympiáda je nejznámější a nerozsáhlejší fyzikální soutěží na území České republiky. Tato soutěž slouží, stejně jako ostatní podobné soutěže, převážně k tomu, aby identifikovala talentované žáky a podpořila jejich zájem o fyziku. Soutěž je určena pro žáky základních škol od sedmé třídy až po nejvyšší ročníky středních škol a je podle toho rozdělena do sedmi kategorií. Je také skvělou příležitostí pro studenty setkat se s dalšími nadanými studenty napříč různými školami a rozvíjet tak své schopnosti a znalosti společných zájmů čili fyziky. [1, 2]

Jak bylo zmíněno, Fyzikální olympiáda je rozdělena do sedmi kategorií. Jednotlivé kategorie se vztahují k ročníkům základních či středních škol a k příslušným ročníkům gymnázií. Nemohou předbíhat výuce ve školách, to například znamená, že v kategorii G se neobjeví příklady, k jejichž řešení je nutné znát teorii k atomové fyzice. Studenti se ovšem ve vlastním zájmu mohou zúčastnit kategorií určených pro žáky vyšších ročníků. [1, 2]

- Kategorie G → 7. ročník ZŠ
- Kategorie F → 8. ročník ZŠ
- Kategorie E → 9. ročník ZŠ
- Kategorie D → 1. ročník SŠ
- Kategorie C → 2. ročník SŠ
- Kategorie B → 3. ročník SŠ
- Kategorie A → 4. ročník SŠ

V jednotlivých kategoriích se konají až tři soutěžní kola. U kategorie G, zvané také Archimediáda, se koná kolo školní a okresní. Kategorie E a F mívají obvykle v školních kolech stejná zadání, po kterém ti nadanější postoupí do kola okresního, které je již rozdílné. Účastnící kategorie E mohou postoupit ještě dále do kola krajského. V kategoriích A, B, C a D se konají jak školní kola, tak následně krajská kola a pro kategorii A i celostátní kolo. Přehledněji v tabulce 1. [1, 2]

Tabulka 1: Přehled kategorií a kol

Kategorie A	Kategorie B, C, D	Kategorie E	Kategorie F	Kategorie G
Školní kolo	Školní kolo	Školní kolo	Školní kolo	Školní kolo
Krajské kolo	Krajské kolo	Okresní kolo	Okresní kolo	Okresní kolo
Celostátní kolo		Krajské kolo		

Pro nejlepší účastníky kategorie A, B a C se pořádá celostátní soustředění v Peci pod Sněžkou na chatě Táňa. Z vítězů celostátního kola se na základě jejich výsledků vyberou ti nejlepší pro reprezentaci České republiky na Mezinárodní fyzikální olympiádě. Pro reprezentanty je pořádáno ještě přípravné soustředění právě před Mezinárodní fyzikální olympiádou. [1]

2.1 Historie

Fyzikální olympiáda byla založena roku 1959. Organizační a odbornou stránku zajišťuje vědecká společnost Jednota českých matematiků a fyziků. [2]

Prof. RNDr. Rostislav Košťál z Vysokého učení technického v Brně sehrál klíčovou roli při vzniku a počátečním rozvoji fyzikální olympiády v bývalém Československu. Založil ji nejen jako vrcholovou soutěž středoškoláků, ale také jako systém, který měl za cíl hledat a rozvíjet talentované studenty v oblasti fyziky. Jeho zájem o fyzikální olympiádu se datuje již od roku 1954, kdy se inspiroval matematickou olympiádou, která tou dobou už probíhala. Původně se mu však nepodařilo najít dostatečný počet spolupracovníků, a tak se první pokusné soutěže fyzikální olympiády konaly až v roce 1958 v Olomouckém a Brněnském kraji. Od školního roku 1959/60 se fyzikální olympiáda začala konat ve všech kategoriích pro střední školy, tedy A, B a C, i v celostátním měřítku. O pár let déle se uskutečňovala i pro dvě kategorie základních škol. [2]

Mezinárodní fyzikální olympiáda (MFO) vznikla roku 1966 a u jejího počátku stál opět prof. RNDr. Rostislav Košťál, jeho polský kolega prof. Cz. Ścislowský a maďarský kolega prof. R. Kunfáli. Bohužel již in memoriam byla profesoru Košťálovi za zrod Mezinárodní fyzikální olympiády udělena medaile roku 1993, při příležitosti 24. ročníku MFO. Od vzniku samostatné České republiky soutěžilo v MFO celkem 125 českých soutěžících a s poměrně velkou úspěšností. Podařilo se jim získat 94 medailí – desetkrát zlatou, třiatřicetkrát stříbrnou a jedenapadesátkrát bronzovou. 39 účastníků dosáhlo čestného uznání. [2]

2.2 Další fyzikální soutěže

Fyzikální olympiáda není jedinou soutěží v České republice, která je zaměřena na fyziku. Patří ovšem mezi ty nejrozsáhlejší, nejznámější, a hlavně nejvýznamnější fyzikální soutěže. Když se právě tato práce zabývá jednou z fyzikálních soutěží, přijde vhod střídmě popsat nějaké další významné soutěže.

2.2.1 Astronomická olympiáda

Pro zájemce o astronomii a podobné obory je možné se zúčastnit Astronomické olympiády. Tato soutěž vznikla jako samostatná kategorie Fyzikální olympiády v roce 2003/2004, protože žáci projevovali velký zájem o vesmír. Astronomická olympiáda je rozdělena do kategorií podle věku a účastníci mohou absolvovat až tři kola soutěže. Ve školním kole žáci samostatně řeší úlohy, které vyhodnotí jejich učitel. V korespondenčním kole vypracovávají úlohy doma a jejich řešení vyhodnocuje Ústřední komise astronomické olympiády. Řešitelé s nejlepšími výsledky postupují do celostátního finále, kde se úspěšní řešitelé mohou účastnit odborného soustředění. Ti nejlepší zúčastnění se nominují do soupisky pro reprezentaci České republiky na Mezinárodní astronomické olympiádě. [3]

2.2.2 FYKOS a Výfuk

Studenti na všech typech středních škol se mohou zúčastnit soutěže zvané FYKOS (Fyzikální Korespondenční Seminář), který je pořádán studenty a zaměstnanci Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Soutěž se skládá z šesti sérií úloh, z nichž každá obsahuje osm úkolů z různých oblastí fyziky: pět ze středoškolského učiva, jeden problémový úkol a jeden experiment. Poslední úloha, tzv. seriál, se po celý rok zabývá jednou oblastí fyziky, s kterou postupně účastníky seznamuje. Pro nejlepších čtyřicet řešitelů jsou připravena tradiční jarní a podzimní soustředění, kde se mohou studenti zúčastnit zajímavých přednášek a experimentů, nebo se účastnit různých zábavných her. [4]

Pro studenty na druhém stupni základních škol existuje varianta FYKOSu, která se jmenuje Výfuk (Výpočty fyzikálních úkolů). Tuto soutěž také pořádá Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy. Řešitelé Výfuku mohou získat cenné zkušenosti, ale také vyhrát hmotné ceny a účastnit se letního tábora s výlety, přednáškami a exkurzemi. [5]

2.2.3 Fermiho úlohy

Katedra experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci každoročně pořádá soutěž zvanou Fermiho úlohy. Soutěže se mohou zúčastnit jak jednotlivci, tak i skupiny žáků ze středních a základních škol. Tato soutěž se nezaobírá pouze fyzikálními problémy, ale všeobecnou problematikou napříč předměty a všedního života. Zadání obvykle bývá poněkud strohé, a tak si soutěžící musí dohledávat informace z různých zdrojů, musí více bádat a být kreativní. [6]

2.2.4 Fyziklání

Fyziklání, obdobně jako FYKOS, je soutěž pořádána studenty Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Této soutěže se mohou účastnit až pětičlenné skupiny žáků. Fyziklání se koná i v anglickém jazyce, takže se mohou účastnit i zahraniční studenti. Roku 2021, když se soutěž kvůli Covidu-19 uskutečnila online, se zúčastnili žáci ze 36 různých světových zemí. Účastnící musí v průběhu tří hodin vyřešit co nejvíce zadaných úloh. [7, 8]

2.2.5 Turnaj mladých fyziků

Turnaj mladých fyziků je další týmovou soutěží pro středoškoláky. Tento turnaj trvá několik měsíců a žáci se zde věnují řešení náročných otevřených úloh, které jsou pro ně výzvou. Po dokončení soutěže se koná závěrečný turnaj, kde soutěžící prezentují a obhajují své výsledky a diskutují nad řešením ostatních týmů. Tato soutěž se zaměřuje nejen na samotné řešení úloh, ale i na diskusi a schopnost kriticky rozebrat cizí práci. [9]

3 Analýza výskytu mechaniky v úlohách FO

V každé kategorii byly analyzovány ročníky 53 až 62. Výjimka nastala u okresních kol kategorií E a F, kde nebyla k dohledání zadání úloh v ročnících 53 až 55. Stejný případ nastal i u krajských kol kategorie E. Nadále byla tvořena statistika, kolik příkladů z celkového počtu v jednotlivých kolech se týkalo mechaniky. Na těchto příkladech se pak sledovalo, jakým podoborem mechaniky se úlohy zabývaly. Podobory byly rozděleny dle učebnice Fyziky pro gymnázia [10] následovně.

- Veličiny a základní znalosti
- Kinematika
- Dynamika
- Mechanická práce a energie
- Gravitační pole
- Mechanika tuhého tělesa
- Mechanika kapalin a plynů

Do veličin a základních znalostí patří například převody jednotek, určení hustoty či znalost matematiky. Do podoboru kinematika patří například rovnoměrný nebo zrychlený pohyb, ať už přímočarý či po kružnici. Z dynamiky se v úlohách FO objevovaly Newtonovy pohybové zákony či dostředivé síly. Z podoboru mechanická práce a energie je jednou z nejdůležitějších znalost zákona zachování energie. Gravitační pole obsahuje například Keplerovy zákony či Newtonův gravitační zákon. Mechanika tuhého tělesa se v olympiádách objevuje převážně ve formě momentů sil, rovnováhy a těžiště. U mechaniky kapalin a plynu je pro FO nejpodstatnější Archimedův zákon. [10]

Je potřeba zmínit, že účastníkům Fyzikální olympiády nestačí umět pouze řešit problematiku týkající se přímo fyziky, ale musí u některých příkladů prokázat i jiné dovednosti, jako je například práce s mapami na internetu (u příkladů se objevují především mapy z webů *http://mapy.cz*, *http://earth.google.com* a *http://google.com/maps*). Dále se u některých příkladů požaduje vyhledávat spoje veřejné dopravy (nejčastěji z webu *http://idos.cz*). V mnoha případech je potřeba umět číst nebo vytvářet grafy a tabulky (program Excel). Občas se u příkladů vyskytují dotazy spojené s využitím například kompasu, a jak funguje. Ještě se zde, ovšem minimálně, vyskytuje nutnost umět si poradit s nějakými dalšími programy, jako je například program na zaznamenávání zvuku zvaný Audacity. Samozřejmě s fyzikou je blízce spojena matematika, nutnost umět zaokrouhlovat na správný počet platných číslic a schopnost výpočtu.

Grafy, jež se nachází v následujících podkapitolách, popisují procentuální zastoupení jednotlivých vybraných podoborů mechaniky. Některé příklady mohou obsahovat problematiku více podoborů. Vzhledem k tomu, že procentuální výskyt těchto podoborů je brán k celkovému počtu příkladů, je součet procentuálních hodnot ve většině případů vyšší než 100 %.

3.1 Analýza kategorií G, F a E

Fyzikální olympiáda kategorie G, jinak nazývaná také jako Archimediáda, je určena pro žáky 7. ročníků základních škol. V této kategorii se koná školní kolo. Také se může konat okresní kolo, nicméně to se neřeší centrálně, ale pouze lokálně na okresních komisích, a proto nejsou dohledatelná jednotlivá zadání úloh z oficiálních stránek Fyzikální olympiády. Zadání školních kol obvykle obsahuje čtyři příklady a jednu experimentální úlohu. Ve zkoumaných deseti ročnících Fyzikální olympiády v této kategorii jednou nastala výjimka, kdy 55. ročník obsahoval pět teoretických příkladů. Veškeré příklady z této kategorie se zabývají oborem mechaniky.

Kategorie F je určená pro žáky 8. tříd základních škol a odpovídajícím ročníkům víceletých gymnázií. V této kategorii se koná rovněž školní kolo, z něhož účastníci mohou postoupit do kola okresního. Zadání školních kol obsahují od 10 do 17 teoretických příkladů a jednu až dvě praktické úlohy, přičemž z více než dvou třetin jsou příklady s mechanickou tématikou. Ze společného zadání školních kol pro kategorie E a F, které obsahuje větší množství zadaných příkladů než v ostatních kategoriích, vybere učitel fyziky sedm úloh na základě toho, co ve škole stihli probrat do konce prosince. Úlohy opět obsahují převážně příklady z mechaniky, přesněji v průměru pouze každá čtvrtá se mechanikou nezabývá.

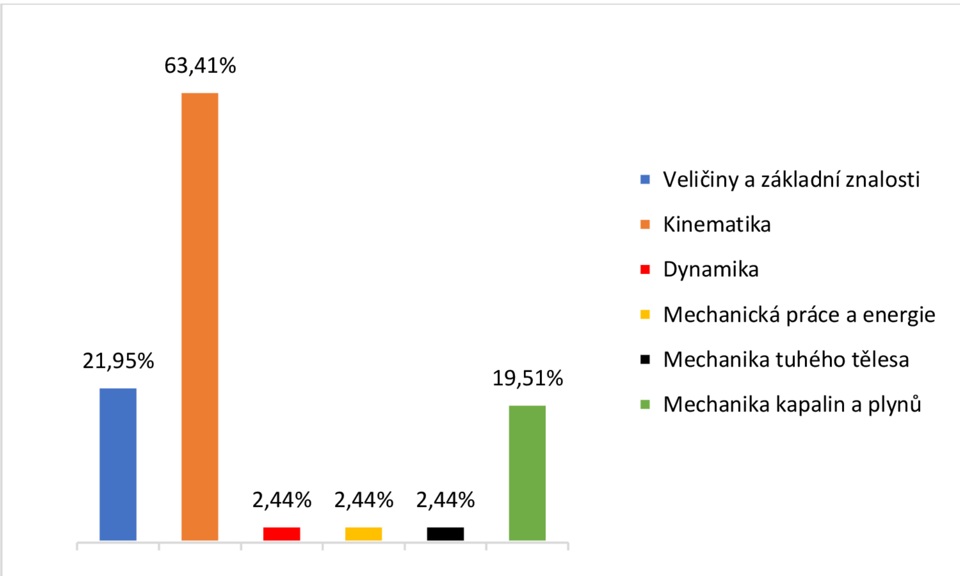
Kategorie E je určena pro žáky 9. tříd a odpovídajícím ročníkům víceletých gymnázií. Školní kolo této kategorie je shodné se zadáním školních kol kategorie F. Následně se koná kolo okresní, které obsahují čtyři příklady. Více než polovina příkladů okresních kol se zaobírá mechanikou. Úspěšní řešitelé postupují do kola krajského, které obsahuje pravidelně čtyři příklady.

3.2 Školní kola kategorií G, F a E

Školní kola kategorie G za zkoumaných deset ročníků (53. až 62. ročník) obsahovala celkem 41 teoretických příkladů a 10 experimentů. Všechny příklady a experimenty se zabývaly oborem mechaniky. Společné zadání kategorie E a F ve stejných ročnících jako u výše uvedené kategorie G obsahovalo 127 teoretických příkladů, z nichž se mechanika objevila v 80 případech. Praktických úloh se zde vyskytovalo celkem 17, z toho 12 se zabývalo mechanikou. To odpovídá přibližně 63% zastoupení v praktických úlohách, resp. 70% zastoupení v praktických úlohách.

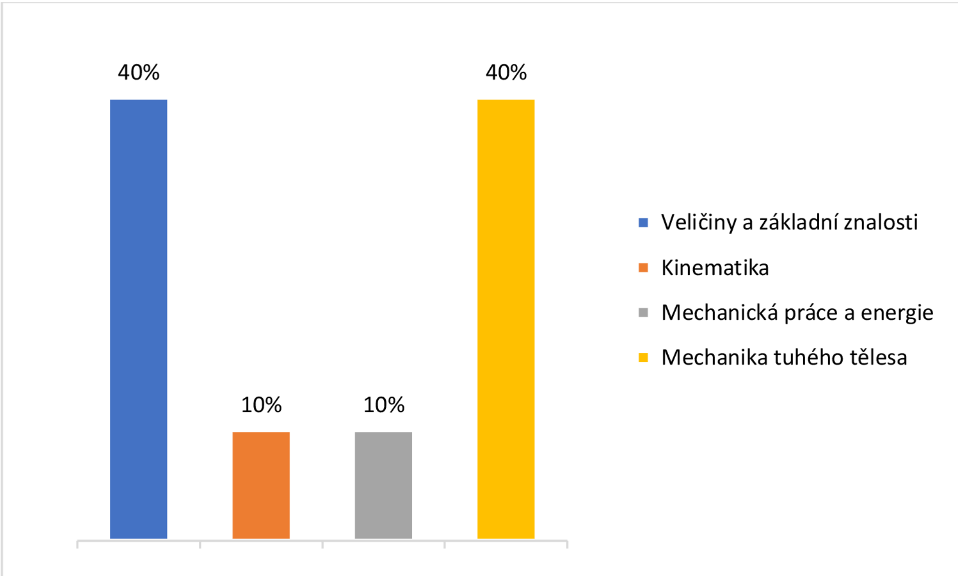
Dále bylo řešeno procentuální zastoupení podoborů mechaniky (viz graf 1). V kategorii G se nejvíce objevovaly příklady zaměřené na kinematiku, která se nacházela ve více než polovině příkladů zabývajících se mechanikou. V přibližně pětině těchto příkladů se nacházela tématika mechaniky kapalin a plynů, rovněž přibližně v pětině případů se zde nacházely základní znalosti a veličiny. V ani jednom příkladu se neobjevila problematika gravitačního pole.

Graf 1: Výskyt podoborů mechaniky ve školních kolech kategorie G



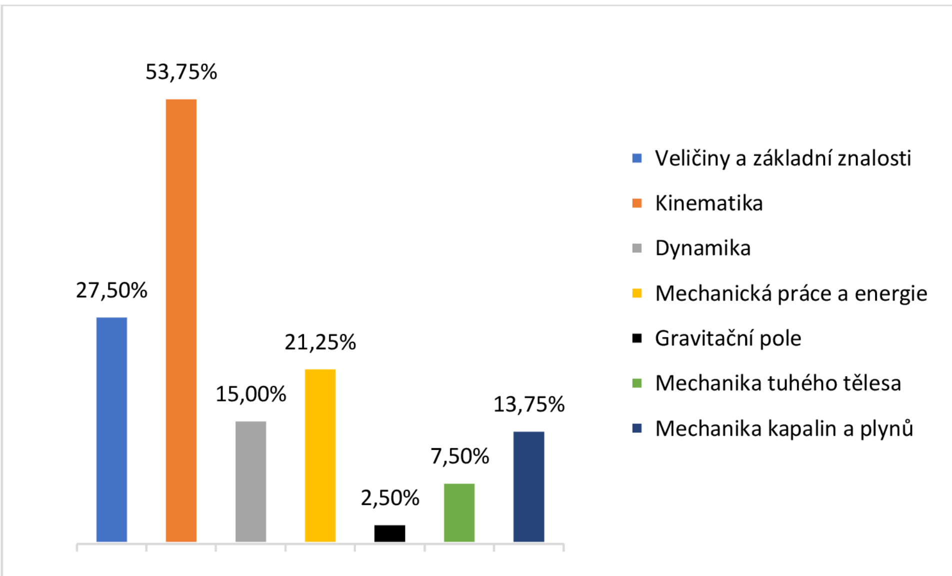
Všechny experimentální úlohy se v kategorii G zabývaly mechanikou. Ve čtyřech případech pojednávaly o základních znalostech a veličinách, převážně se jednalo o určování hustoty těles. Taktéž čtyřikrát se zde objevila i tématika tuhého tělesa, která se zabývala hlavně hledáním těžiště. Po jednom experimentu se v této kategorii vyskytovala tématika kinematiky a mechanické práce a energie. Procentuální zastoupení jednotlivých podoborů je přehledně znázorněno v grafu 2.

Graf 2: Výskyt podoborů mechaniky v experimentech školních kol kategorie G



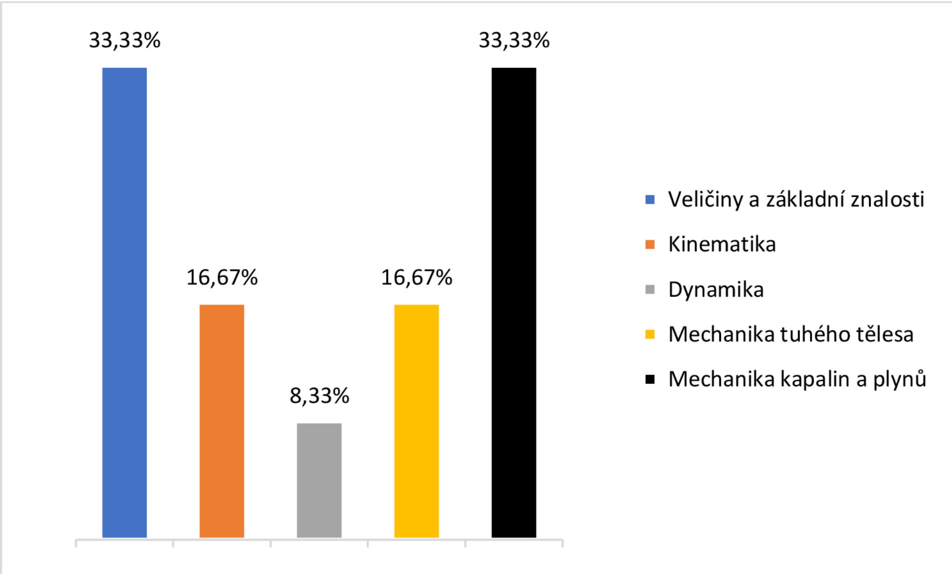
Ve školních kolech kategorie E a F se v příkladech s mechanikou nejčastěji objevovala kinematika, opět ve více než polovině zadaných úloh. Nejméně se zde vyskytovala tématika gravitačního pole, pouze ve dvou zkoumaných úlohách. Celkový přehled výskytu podoborů lze vidět v grafu 3.

Graf 3: Výskyt podoborů mechaniky ve školních kolech kategorie F a E



V experimentech školních kol kategorií E a F se úlohy, shodně ve čtyřech případech, nejčastěji zabývaly Archimedovým zákonem čili tématikou spadající do oboru mechaniky kapalin a plynů a základními znalostmi a veličinami, řešící určení hmotnosti a hustoty. Ve dvou experimentech se objevilo téma mechaniky tuhého tělesa zabývající se zjištěním polohy těžiště. Rovněž ve dvou případech se zde nacházela kinematika a v jednom případě dynamika. Porovnání procentuálního výskytu podoborů mechaniky v těchto experimentech lze vidět v grafu 4.

Graf 4: Výskyt podoborů mechaniky v experimentech školních kol kategorií F a E

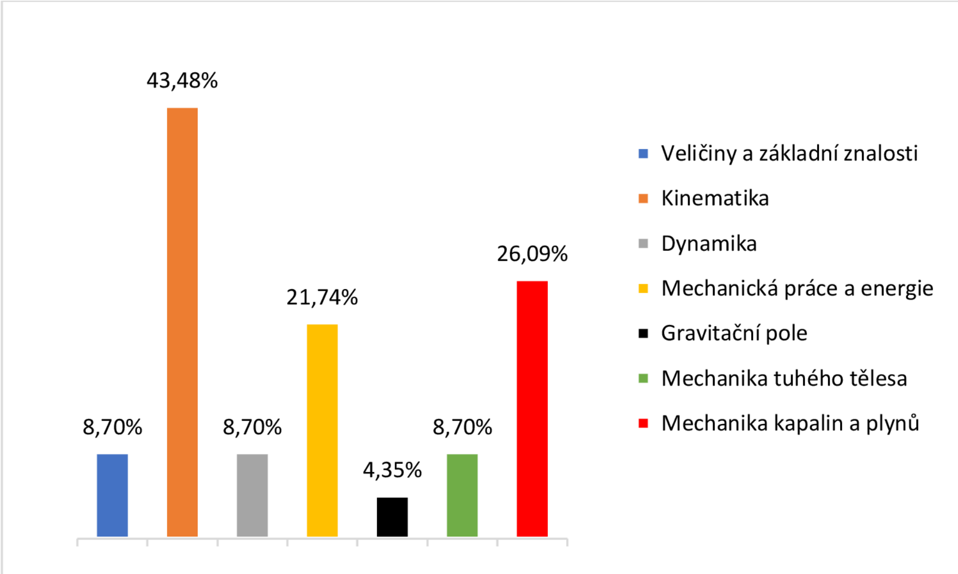


3.3 Okresní kola E a F

Okresní kola E a F byla zkoumána v menším vzorku (56. až 62. ročník), kvůli chybějícím zadáním v archivu oficiálních stránek Fyzikální olympiády. Z celkového počtu 28 příkladů v okresních kolech kategorie F, se jich 23 zabývalo mechanikou, to je přibližně 82 %. U kategorie E, kde bylo zadáno rovněž 28 příkladů, se pouze ve 13 z nich nacházela mechanika, tedy přibližně ve 46 % příkladů.

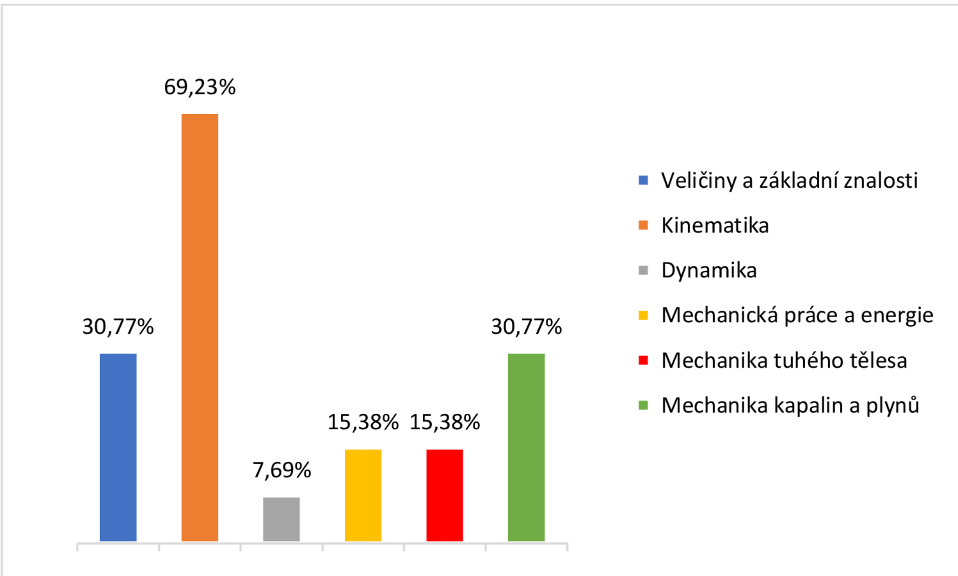
V okresních kolech kategorie F se nejčastěji objevovala kinematika. Dále se v poměrně velkém množství příkladů nacházela témata mechaniky kapalin a plynů, a mechanické práce a energie. Nejméně se zde nacházela problematika gravitačního pole. Přehledněji lze vše vidět v grafu 5.

Graf 5: Výskyt podoborů mechaniky v okresních kolech kategorie F



Příklady zabývající se mechanikou v okresních kolech kategorie E se nejčastěji zabývaly rovněž kinematikou, téměř v 70 % příkladů. Vzhledem k menšímu vzorku ročníků a poměrně nízkému počtu příkladů zabývajících se mechanikou v této kategorii, se na vysoké procento dostal také podobor veličiny a základní znalosti. Na stejné procentuální obsazení jako základní znalosti a veličiny dosáhla také tématika mechaniky kapalin a plynů. V ani jednom případě se zde neobjevil příklad týkající se gravitačního pole. Zastoupení podoborů lze přehledněji vidět v grafu 6.

Graf 6: Výskyt podoborů mechaniky v okresních kolech kategorie E

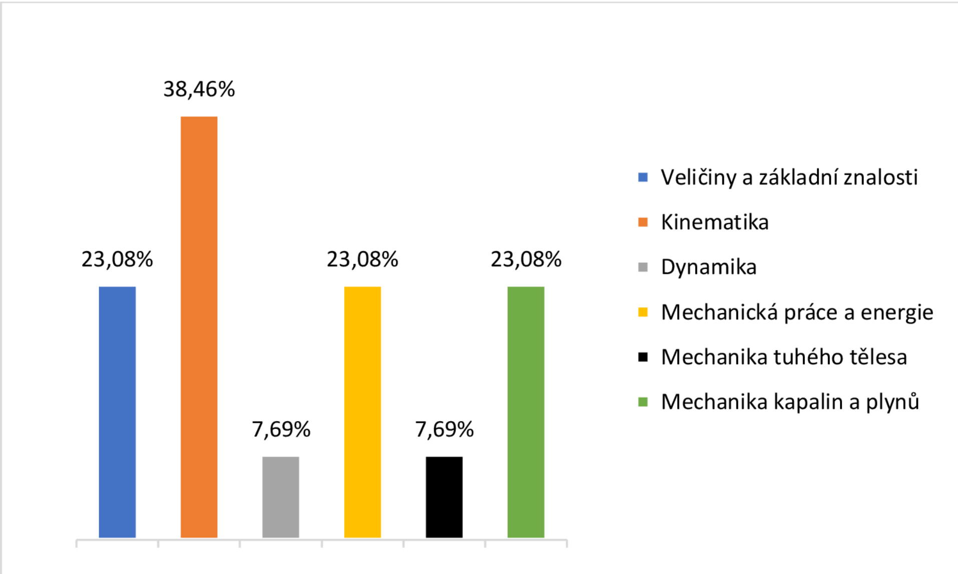


3.4 Krajská kola kategorie E

Krajská kola se v ročnících 53. až 55. buď neuskutečnila, nebo chybí v archivu zadání a řešení, takže k analýze byly brány v potaz ročníky 56 až 62. Z celkového počtu 24 příkladů se jich mechanikou zabývalo 13, což odpovídá přibližně 54 %.

Nejčastěji se v těchto příkladech objevila kinematika. V téměř čtvrtině příkladů se se stejným procentuálním zastoupením objevila rovnou tři témata – mechanika kapalin a plynů, mechanická práce a energie a veličiny a základní znalosti. V ani jednom případě se zde neobjevila tématika gravitačního pole. K přehlednějšímu zobrazení byl znovu využit graf (viz graf 7).

Graf 7: Výskyt podoborů mechaniky v krajských kolech kategorie E



3.5 Analýza kategorie D

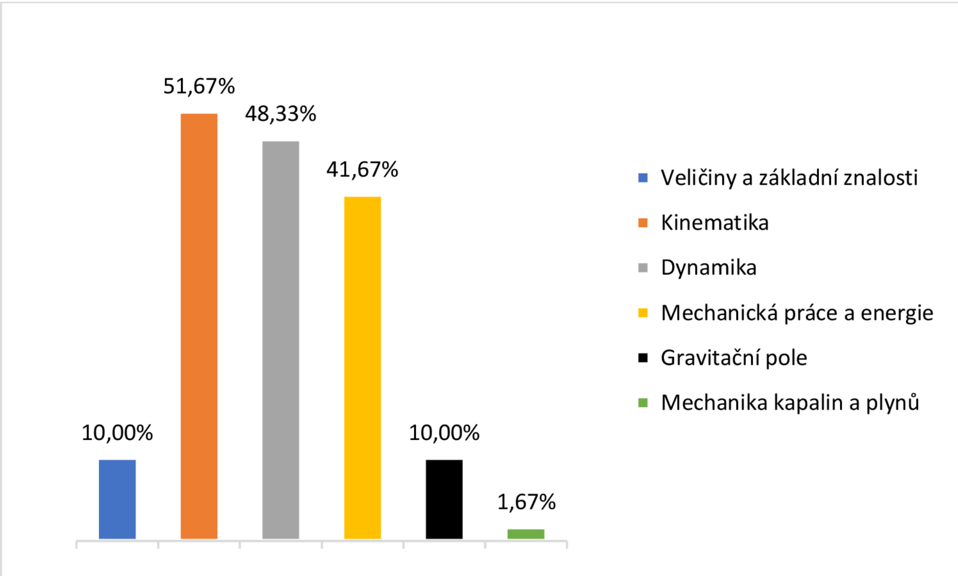
Kategorie D Fyzikální olympiády je určena pro první ročníky čtyřletých středních škol a odpovídajícím ročníkům víceletých gymnázií. V této kategorii se konají dvě kola, a to kolo školní a kolo krajské. Krajské kolo mělo v 61. ročníku soutěže, který se konal v covidovém roce, stejné zadání i pro kategorie C i B.

Školní kola sestávají z šesti příkladů a jedné praktické úlohy či experimentu. V krajských kolech pak nalezneme příklady čtyři a žádnou praktickou úlohu či experiment. Bez výjimky se všechny tyto příklady zabývají oborem mechaniky.

3.6 Školní kola kategorie D

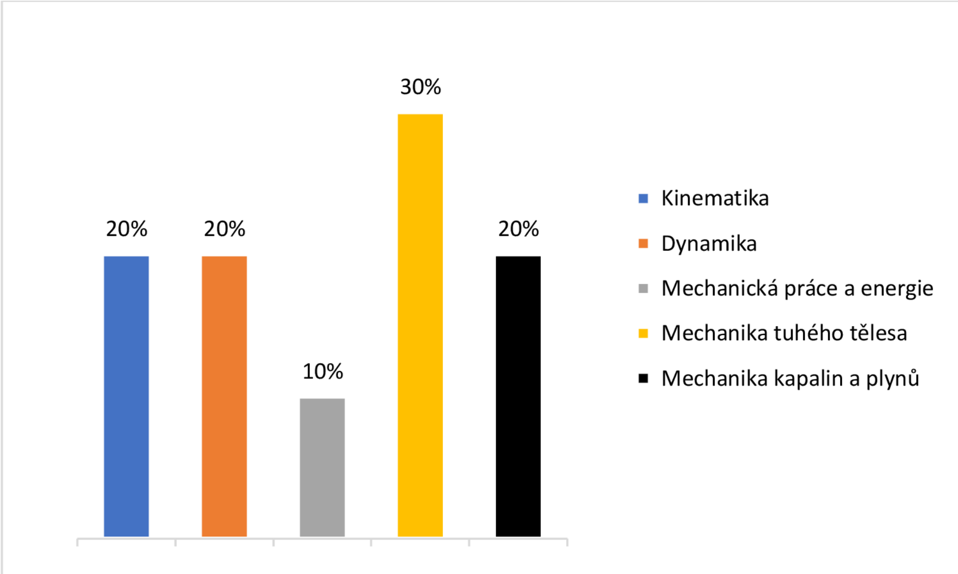
V školních kolech kategorie D se nacházelo celkem 60 příkladů ve zkoumaných deseti ročnících. Nejčastěji řešenou problematikou byla kinematika (objevila se ve více než polovině příkladů), těsně následována dynamikou (téměř v polovině příkladů) a mechanickou prací a energií. Mechanika kapalin a plynů se zde objevila pouze v jednom příkladě a mechanika tuhého tělesa se zde vůbec nevyskytovala (viz graf 8).

Graf 8: Výskyt podoborů mechaniky ve školních kolech kategorie D



Všech deset experimentálních úloh se taktéž zabývalo mechanikou. Nejčastěji se zde objevovala mechanika tuhého tělesa, zabývající se momenty sil a rovnováhou. Ve dvou případech se experimenty zabývaly Archimedovým zákonem a třením. Pouze v jednom případě se zde objevila praktická úloha řešící mechanickou práci a energii (viz graf 9).

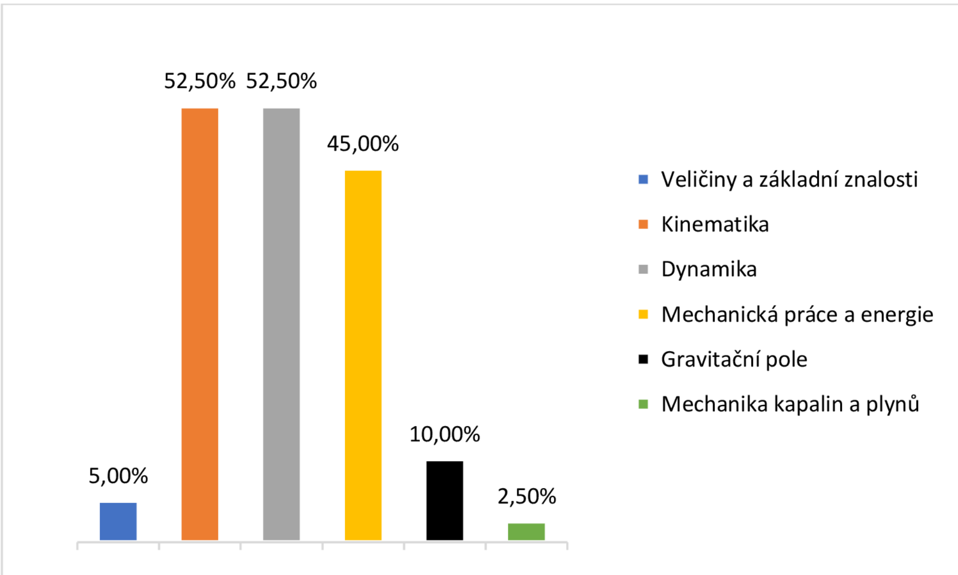
Graf 9: Výskyt podoborů mechaniky v experimentech školních kol kategorie D



3.7 Krajská kola kategorie D

V krajských kolech kategorie D se všechny příklady zabývaly oborem mechaniky. Zkoumaných příkladů se zde nacházelo rovných 40. Nejčastěji se v těchto příkladech řešila kinematika a dynamika (obě ve více než polovině příkladů), následovány mechanickou prací a energií (v 18 příkladech). Všechny ostatní podobory měly malé procentuální zastoupení, například mechanika kapalin a plynů se objevila pouze v jednom příkladě (viz graf 10).

Graf 10: Výskyt podoborů mechaniky v krajských kolech kategorie D



3.8 Analýza kategorie C

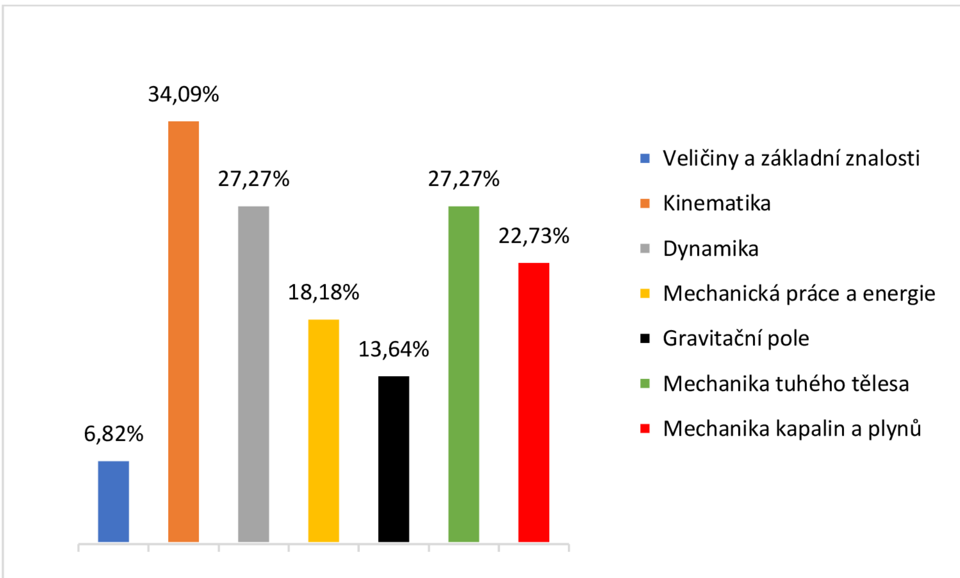
Kategorie C je kategorií pro studenty druhého ročníku čtyřletých středních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. V této kategorii se uskutečňují opět dvě kola, školní a krajské. Školní kolo mělo opět v covidovém roce (61. ročník) společné zadání s nižší, nebo vyšší kategorií neboli D a B.

3.9 Školní kola kategorie C

Školní kolo sestává z šesti příkladů a jedné praktické úlohy či experimentu. Opět se většina z těchto příkladů zabývá mechanikou, přesněji 44 z celkových 60, což je přibližně 73 %. U praktických úloh je scénář velmi podobný jako u teoretických a také se většina z nich týká mechaniky, přesněji šest z deseti čili rovných 60 %.

Nejčastěji řešenou problematikou v školních kolech kategorie C byla kinematika (zastoupena ve více než třetině příkladů), následována dynamikou a mechanikou tuhého tělesa (obě ve více než čtvrtině příkladů). Poměrně hojně se v těchto úlohách vyskytovalo také téma mechaniky kapalin a plynů. Naopak nejméně se zde objevily základní znalosti a veličiny, a to jen v necelých 7 % příkladů (viz graf 11).

Graf 11: Výskyt podoborů mechaniky v školních kolech kategorie C



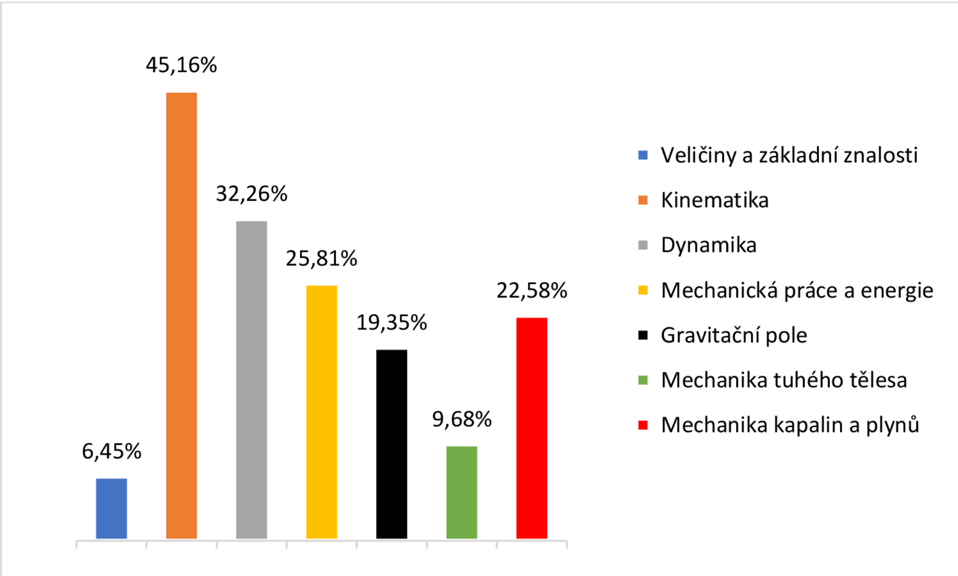
Z celkového počtu deseti experimentů se jich mechanikou zabývalo šest. Rovnou čtyřikrát se zabývaly dynamikou, které řešily například součinitele smykového tření či odporu vzduchu. Ve dvou případech se zde objevila kinematika, která se zabývala rychlostí a periodou.

3.10 Krajská kola kategorie C

Krajské kolo kategorie C čítá pravidelně čtyři teoretické úlohy a žádnou praktickou úlohu či experiment. Z teoretických příkladů je v každém analyzovaném zadání vždy minimálně polovina zaměřena na obor mechaniky. Z celkového počtu 40 příkladů, se jich mechanikou zabývalo 31, tedy v 77,5 % příkladů.

Příklady zabývající se mechanikou řešily téměř v polovině případů kinematiku. Hojně se zde objevovala také tématika dynamiky (téměř třetina příkladů), mechanické práce a energie (ve více než čtvrtině příkladů) a mechaniky kapalin a plynů (v méně než čtvrtině příkladů). Přehledněji lze vše vidět v grafu 12.

Graf 12: Výskyt podoborů mechaniky ve krajských kolech kategorie C



3.11 Analýza kategorie B

Kategorie B Fyzikální olympiády je určena pro studenty třetích ročníků čtyřletých středních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Konají se zde dvě kola, školní a krajská. Školní kola měla opět v covidovém roce (61. ročník FO) stejné zadání s kategoriemi D a C.

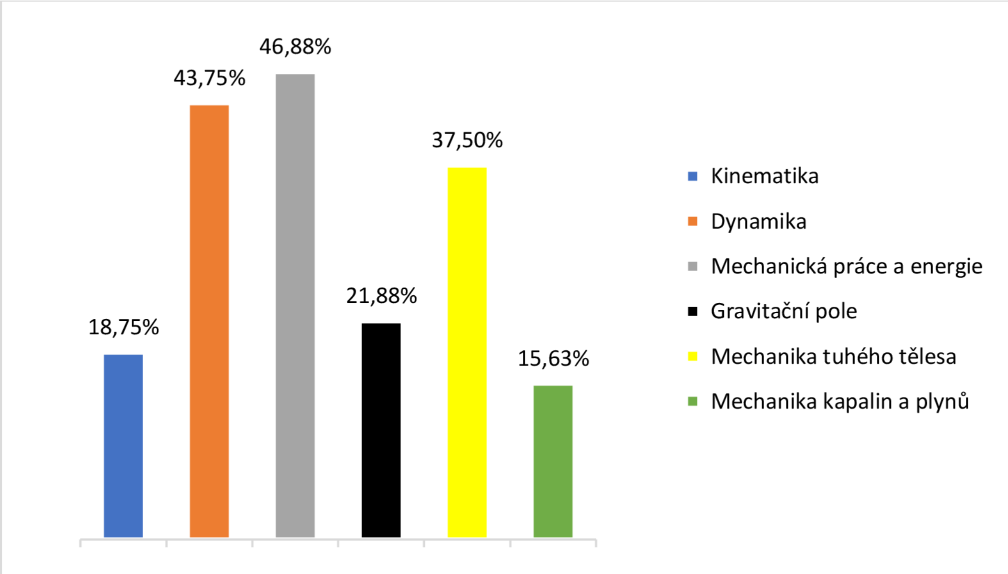
3.12 Školní kola kategorie B

Školní kola obsahují v každém zájmovém zadání šest teoretických příkladů a praktickou úlohu či experiment. Z celkového počtu 60 teoretických úloh se jich mechanikou zabývala více než polovina, konkrétně 53,3 %. Rovněž v každém jednotlivém zkoumaném kole převládaly příklady z mechaniky nad příklady z jiných oblastí fyziky.

U experimentálních úloh se mechanika řešila pouze ve třech případech z celkových deseti.

Nejčastěji řešeným podoborem v příkladech školních kol kategorie B byla mechanická práce a energie (v necelé polovině příkladů) následována dynamikou (ve více než 40 % příkladů). Ve více než třetině příkladů z mechaniky se objevilo téma mechaniky tuhého tělesa. Naopak veličiny a základní znalosti se zde vůbec nevyskytovaly (viz graf 13).

Graf 13: Výskyt podoborů mechaniky v školních kolech kategorie B



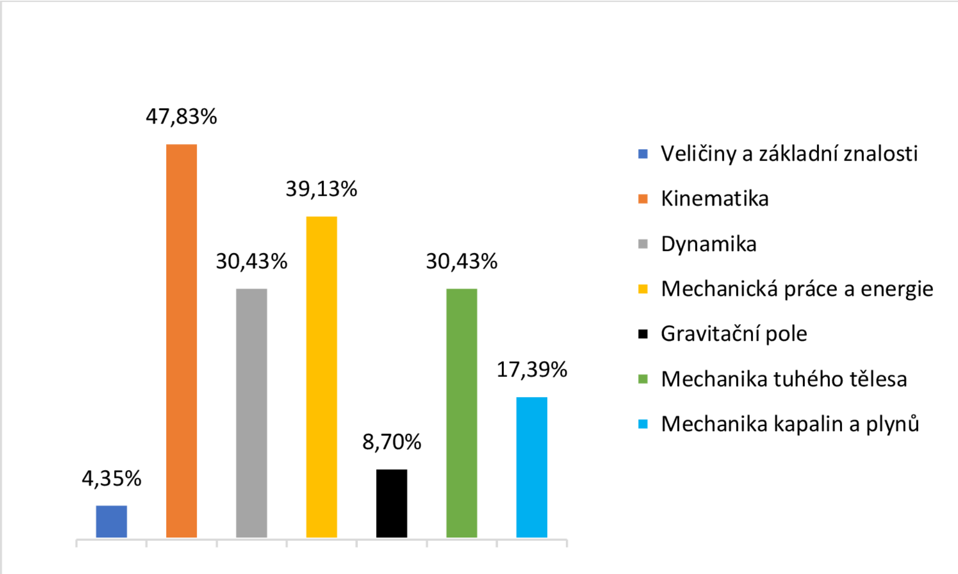
Experimentální úlohy se po jednom případě zabývaly tématikou mechaniky tuhého tělesa, kinematiky a mechanické práce a energie. Detailněji se zabývaly momentem setrvačnosti, měřením frekvence a zákonem zachování energie.

3.13 Krajská kola kategorie B

Krajská kola čítají v každém zkoumaném ročníku čtyři příklady a žádnou praktickou úlohu či experiment. V krajských kolech kategorie B se z celkového počtu 40 příkladů mechanikou zabývala znovu více než polovina, konkrétně 57,5 % příkladů. Zároveň každé zkoumané kolo obsahovalo minimálně dva příklady týkající se mechaniky.

Z vybraných podoborů se v těchto příkladech nejčastěji objevovala kinematika (téměř v polovině případů), následována mechanickou prací a energií (téměř 40 %). Ve více než 30 % příkladů se objevila i dynamika a mechanika tuhého tělesa. Pouze v jednom případě se zde objevila tématika veličin a základních znalostí (viz graf 14).

Graf 14: Výskyt podoborů mechaniky ve krajských kolech kategorie B



3.14 Analýza kategorie A

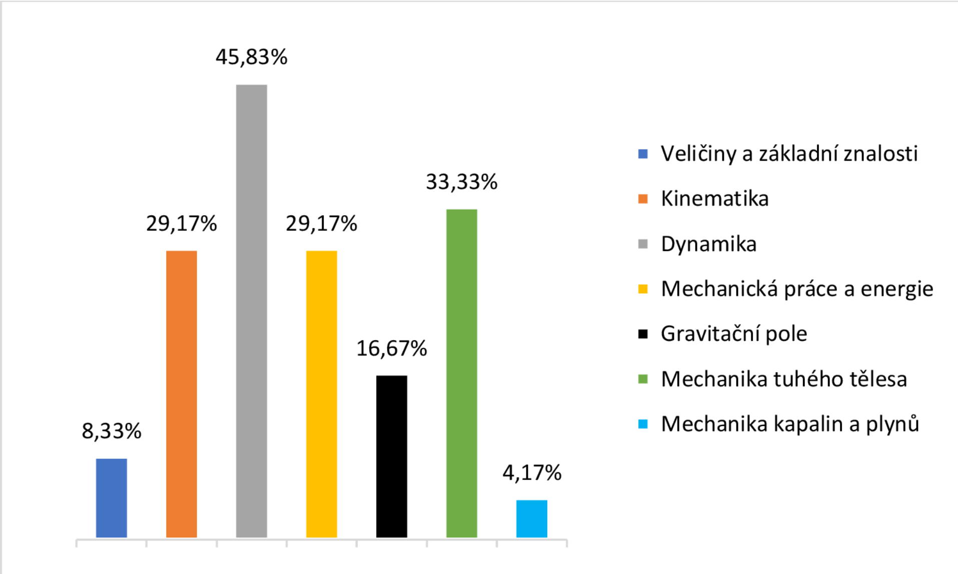
Kategorie A Fyzikální olympiády, jak už název napovídá, je nejvyšší kategorií této soutěže. Je určena pro studenty maturitních ročníků, tj. čtvrtého ročníku středních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Konají se zde tři kola, školní, které je následováno krajským a následně se koná kolo celostátní.

3.15 Školní kola kategorie A

Školní kola obsahují šest příkladů a praktickou úlohu či experiment. Z celkového počtu 60 příkladů se jich mechanikou zabývalo 24, tedy méně než polovina. Až na výjimku v 59. ročníku, kdy se v zadání neobjevil ani jeden příklad řešící mechaniku, se v ostatních ročnících objevily minimálně dvě úlohy zabývající se mechanikou. Praktické úlohy či experimenty se ve zkoumaných ročnících zabývaly mechanikou pouze jednou.

Nejčastěji vyskytujícím se podoborem v školních kolech kategorie A byla dynamika (ve více než 45 % příkladů). Hojně zastoupeny zde byly tématika mechaniky tuhého tělesa (v třetině příkladů), kinematiky a mechanické práce a energie (shodně téměř 30 % příkladů). Nejméně často se zde objevila tématika mechaniky kapalin a plynů (viz graf 15).

Graf 15: Výskyt podoborů mechaniky ve školních kolech kategorie A



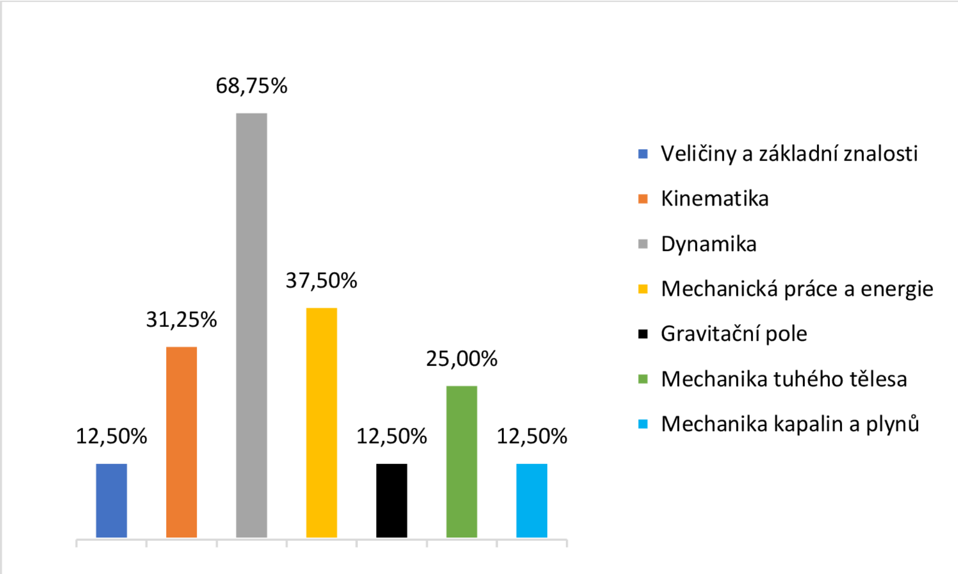
Jediný experiment, jenž se zabýval mechanikou, spadá do podoboru dynamiky a zabýval se měřením součinitele smykového tření.

3.16 Krajská kola kategorie A

Krajská kola v této kategorii se skládají ze čtyř teoretických příkladů. Experimentální úlohy se zde nevyskytují. Z celkového počtu 40 příkladů se jich mechanikou zabývalo 16, tedy 40 %.

V příkladech s tématikou mechaniky se nejvíce objevoval podobor dynamiky, dokonce ve dvou třetinách příkladů. Ve velkém množství úloh se vyskytovala tématika mechanické práce a energie (37,5 %) a kinematiky (více než 30 %). Poměrně velké procentuální zastoupení mají pro tuto kategorii také základní znalosti a veličiny, které se v těchto příkladech objevily dvakrát, což vzhledem k nízkému počtu příkladů zabývajících se mechanikou činí 12,5 % (viz graf 16).

Graf 16: Výskyt podoborů mechaniky v krajských kolech kategorie A

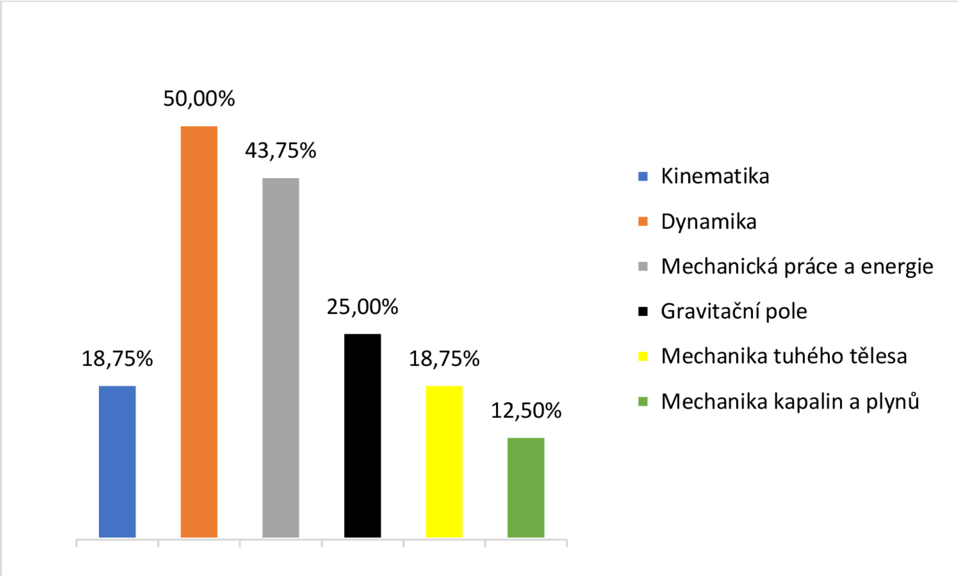


3.17 Celostátní kola kategorie A

Celostátní kola se ve zkoumaných deseti ročnících skládala ze čtyřech teoretických úloh a jedné praktické úlohy v každém ročníku. Ze 40 zkoumaných příkladů se jich mechanikou zabývalo 16, tedy opět 40 %. Experimentální úlohy řešily tématiku mechaniky pouze ve dvou případech z celkových deseti.

Nejčastěji objevovaným podoborem byla v polovině případů dynamika a dále mechanická práce a energie (ve více než 40 %). Ve čtvrtině příkladů se objevilo téma gravitačního pole. V žádném z příkladů se neobjevila tématika základních znalostí a veličin (viz graf 17).

Graf 17: Výskyt podoborů mechaniky v celostátních kolech kategorie A



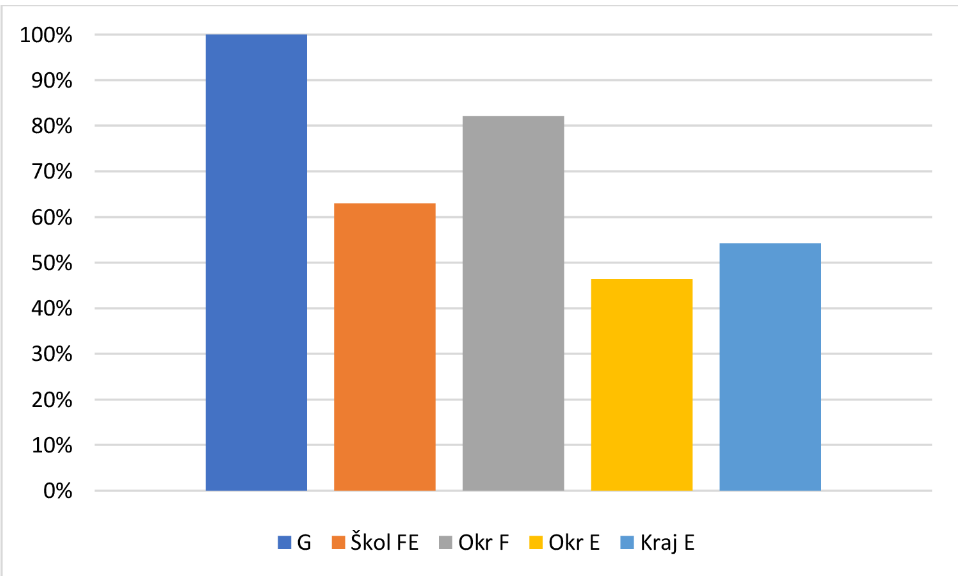
Praktické úlohy v jednom případě řešily moment setrvačnosti čili mechaniku tuhého tělesa. Ve druhém případě se úloha týkala Archimedova zákona, tedy mechaniky kapalin a plynů.

4 Vývoj výskytu mechaniky v úlohách FO

V této kapitole byl středem zájmu vývoj výskytu mechaniky napříč kategoriemi, tedy jak se mění postupem kategoriemi a druhy kol od nejnižších až po nejvyšší procentuální zastoupení mechaniky v zadaných úlohách. Tento vývoj byl řešen zvlášť pro kategorie určené žákům základních škol (kategorie G až E) a studentům středních škol (kategorie D až A).

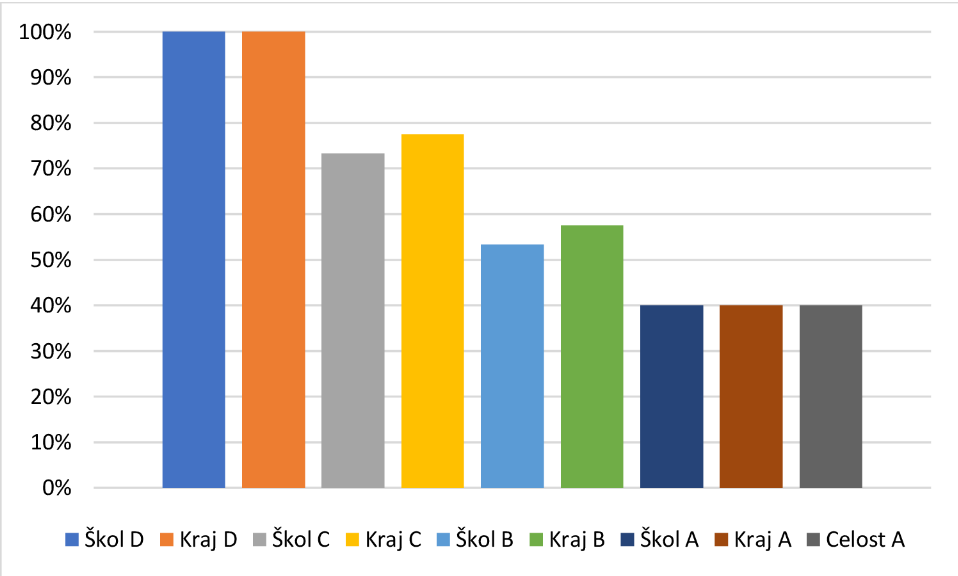
V grafu 18 můžeme přehledně souhrnně vidět, v kolika procentech příkladů se objevila mechanika. Nepřekvapivě byla mechanika obsažena ve všech úlohách kategorie G, protože žáci v 7. ročníku základních škol jsou ve fyzice seznamováni právě pouze s mechanikou. Poměrně zajímavé je, že v okresním kole kategorie F je větší výskyt příkladů zaměřených na mechaniku než v kole školním. To je ale pravděpodobně způsobeno společným zadáním ve školních kolech s kategorií E, která je určena pro žáky devátých tříd. Nárůst výskytu v krajském kole kategorie E oproti okresnímu kolu této kategorie může být vysvětlen tím, že v deváté třídě by již žáci měli mít mechaniku pravděpodobně dobře zvládnutou, a tak zadání krajského kola může obsahovat složitější příklady zaměřené na mechaniku. Navíc do okresního kola postupují pouze úspěšní z kol školních, a proto na ně mohou být kladeny vyšší nároky.

Graf 18: Vývoj výskytu mechaniky v kategoriích pro ZŠ



U výskytu mechaniky v kategoriích pro střední školy je znát velký propad. Je to způsobené pravděpodobně převážně tím, že postupem jednotlivými ročníky na středních školách se prohlubují znalosti i v ostatních odvětvích fyziky, a tak může zadání FO obsahovat příklady zaměřené i na jiné oblastí fyziky než mechaniku. Zajímavý je opět nárust výskytů v krajských kolech kategorií C a B oproti školním kolům. Důvod bude pravděpodobně stejný jako u kategorií pro základní školy. Příklady z mechaniky mohou být náročnější než ty z méně probrané oblasti a měli by je tak vyřešit ti opravdu nadaní žáci. I tento výskyt je přehledně vyobrazen (viz graf 19).

Graf 19: Vývoj výskytu mechaniky v kategoriích pro SŠ

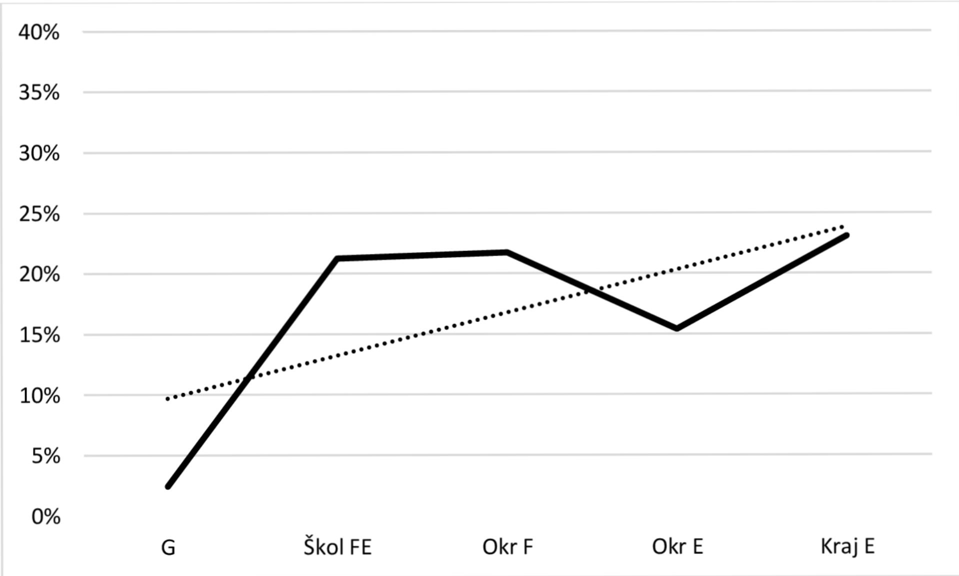


4.1 Vývoj výskytu podoborů mechaniky

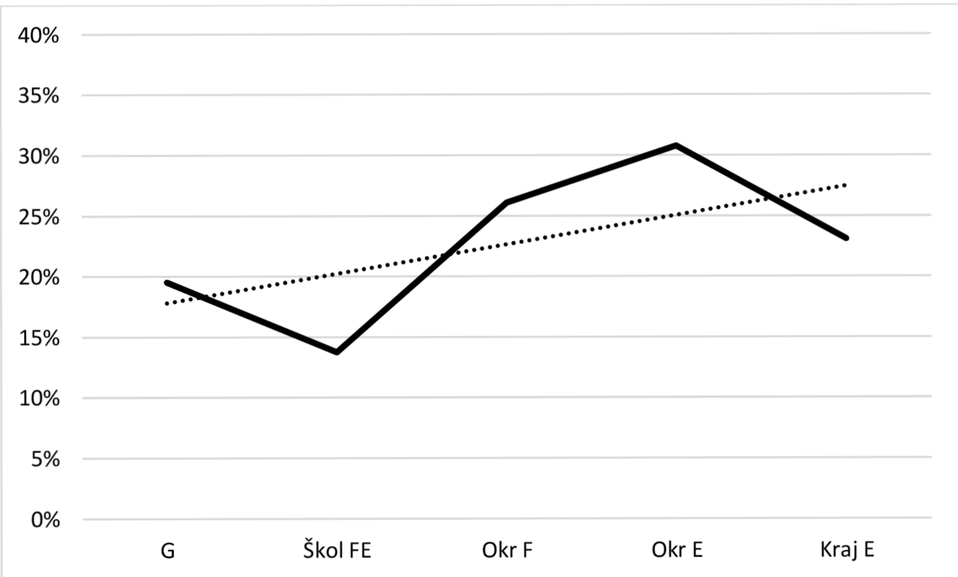
Tato kapitola řeší, jak se vyvíjelo zastoupení podoborů průběhem kategoriemi a koly. Stejně jako v předchozí kapitole byl tento vývoj řešen zvlášť u kategorií pro základní školy a střední školy.

Gravitační pole se v úlohách v kategoriích pro základní školu vyskytovala jen opravdu ve výjimečných situacích, a proto je bezvýznamné zkoumat nějaký vývoj výskytu. Mírný, nebo víceméně žádný nárust nebylo možné spatřit u dynamiky. Veličiny a základní znalosti, ačkoliv se vyskytovaly poměrně pravidelně ve všech kategoriích, zaznamenaly pouze mírné změny. Nejvyšší nárůst postupem kategoriemi zaznamenal podobor mechanická práce a energie (viz graf 20). Znatelný nárůst lze sledovat i u podoboru mechaniky kapalin a plynů, ten je zaznamenán v grafu 21. Jediný pokles, a to poměrně významný (téměř 15 %), zaznamenala kinematika (viz graf 22). Navíc nebýt poměrně velkého zastoupení kinematiky v okresních kolech kategorie E, byl by tento pokles ještě výraznější.

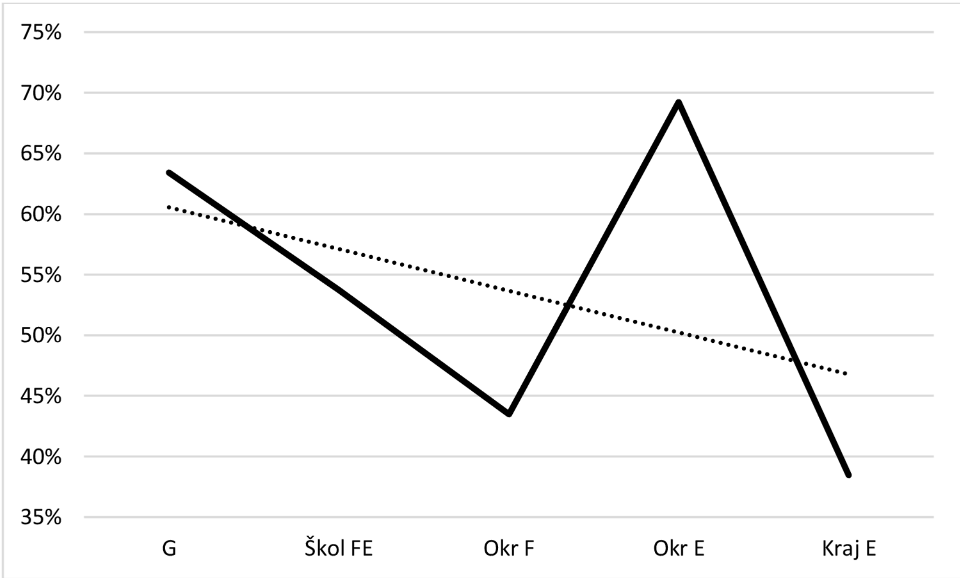
Graf 20: Vývoj výskytu mechanické práce a energie v kategoriích pro ZŠ



Graf 21: Vývoj výskytu mechaniky kapalin a plynů v kategoriích pro ZŠ

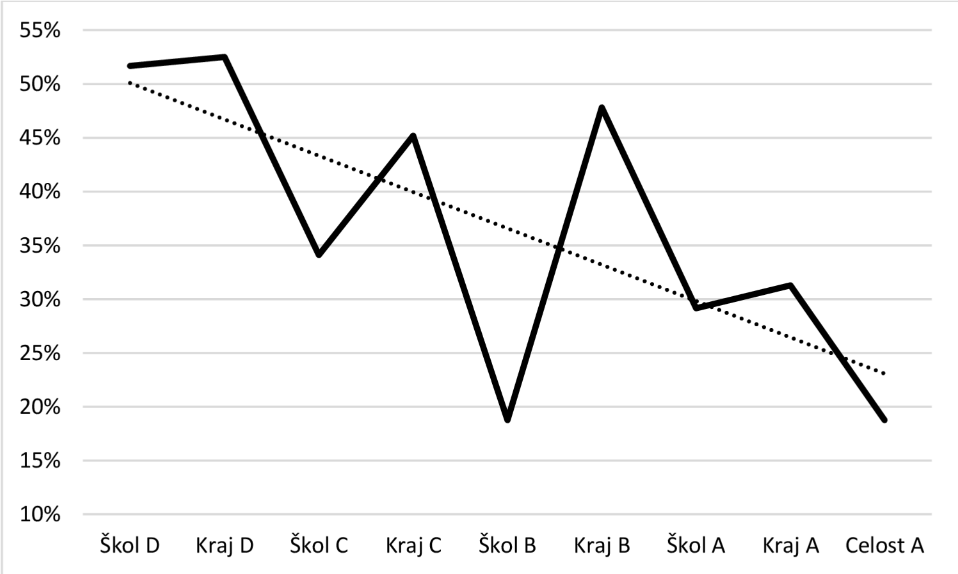


Graf 22: Vývoj výskytu kinematiky v kategoriích pro ZŠ

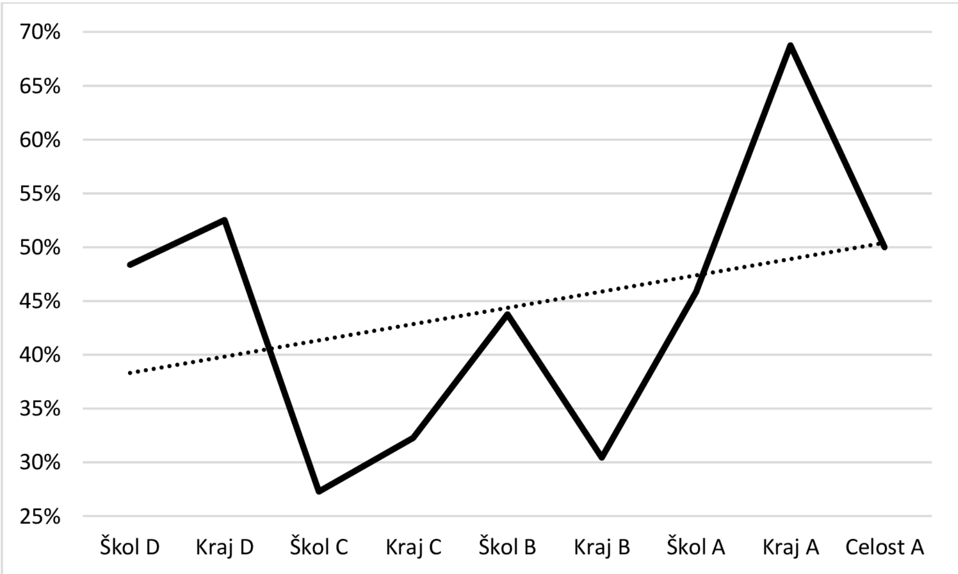


U kategorií pro střední školy byl zaznamenán pouze minimální nárůst výskytu u těchto podoborů: mechanika kapalin a plynů, gravitační pole, mechanická práce a energie. Nejvyšší pokles, stejně jako u kategorií pro ZŠ, zaznamenal obor kinematika (viz graf 23). Výrazný nárůst lze sledovat u dynamiky. Ten dosahoval více než deseti procent (viz graf 24). Významnou roli zde ovšem hraje téměř 70% zastoupení tohoto podoboru v úlohách krajského kola kategorie A. Zajímavost pak je možné spatřit u vývoje výskytu podoboru mechaniky tuhého tělesa. Na první pohled tento obor zaznamenal markantní nárust, ovšem pokud bychom odebrali kategorii D, kde se vůbec nevyskytuje, došlo by víceméně ke stagnaci (viz grafy 25; 26).

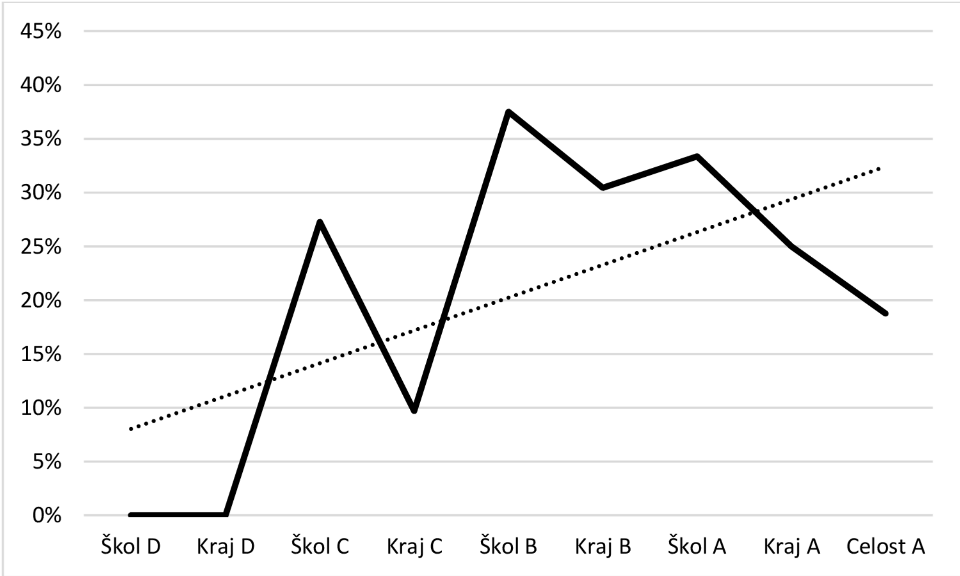
Graf 23: Vývoj výskytu kinematiky v kategoriích pro SŠ



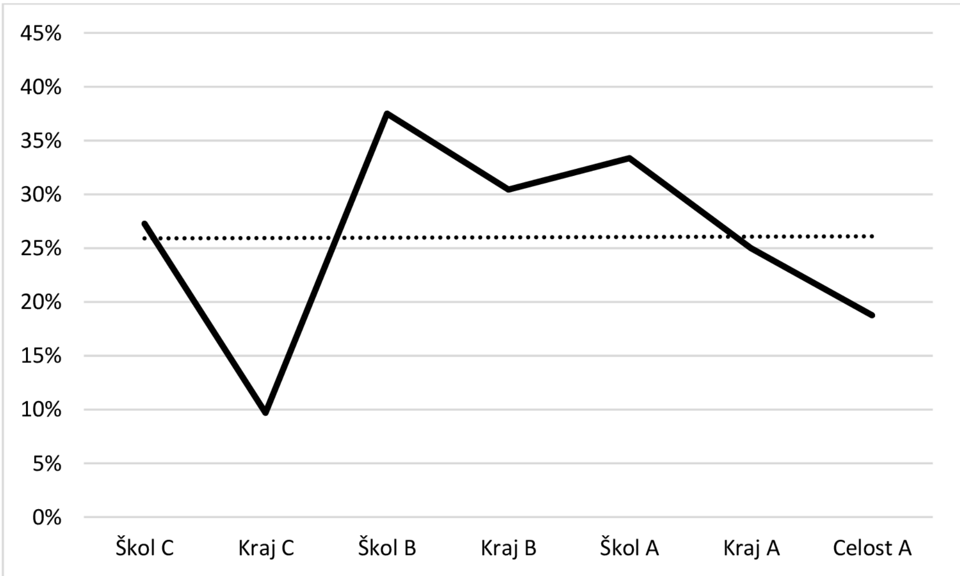
Graf 24: Vývoj výskytu dynamiky v kategoriích pro SŠ



Graf 25: Vývoj výskytu mechaniky tuhého tělesa v kategoriích pro SŠ



Graf 26: Vývoj výskytu mechaniky tuhého tělesa v kategoriích C, B, A



5 Podrobnější analýza kategorie D

Kategorie D byla vybrána pro hlubší analýzu hlavně z toho důvodu, že naprosto všechny zadané příklady se týkaly mechaniky. Zajímavé pro tuto práci bylo pouze krajské kolo, protože pro všechny soutěžící jsou zde prakticky stejné podmínky, což by u školních kol mohlo být zpochybnitelné. Analyzovány byly dosažené výsledky z krajských kol kategorie D z krajů Jihočeského a Vysočina. Do analýzy byly zařazeny pouze úlohy 54. až 62. ročníku FO, protože nebyly k dispozici výsledky 53. ročníku z kraje Vysočina.

U jednotlivých úloh byly zjišťovány parametry týkající se obtížnosti či vhodnosti dané úlohy na základě výsledků v obou sledovaných krajích dohromady. Konkrétně se jednalo o obtížnost, index obtížnosti a citlivost úlohy. Na jejich základě pak byly úlohy rozděleny do jednotlivých navržených kategorií. Současně bylo zkoumáno, existuje-li statisticky významná korelace mezi mírou úspěšnosti studentů u jednotlivých řešených úloh a jejich celkovým bodovým ziskem. V neposlední řadě byly porovnávány dosažené výsledky v obou sledovaných krajích a bylo zjišťováno, vykazují-li výsledky statisticky významné rozdíly. Nakonec je krátce hodnocen i vývoj počtu a úspěšnosti řešitelů FO v daných krajích.

5.1 Obtížnost a index obtížnosti úlohy

Obtížnost úlohy Q udává, jak byl zadaný příklad pro žáky obtížný k vyřešení. Jedná se o poměr počtu neúspěšných řešitelů n_n a celkového počtu účastníků n. Udává se v procentech. [11]

$$Q = 100 \cdot \frac{n_\mathrm{n}}{n} \tag{1}$$

Jako neúspěšný řešitel je v souladu s pravidly pro určování pořadí a úspěšných řešitelů FO brán student, který z vybrané úlohy získal méně než 5 bodů.

Index obtížnosti úlohy P je naopak podíl počtu úspěšných řešitelů n_s a celkového počtu řešitelů n. Udává se rovněž v procentech. [11]

$$P = 100 \cdot \frac{n_\mathrm{s}}{n} \tag{2}$$

Za úspěšného řešitele je v tomto případě považován účastník, jenž získal alespoň 5 bodů z daného příkladu.

Mezi obtížností úlohy a indexem obtížnosti úlohy platí následující vztah

$$Q = 100 - P. \tag{3}$$

Pokud je hodnota obtížnosti úlohy Q vyšší než 80 %, je považována za velmi obtížnou. Pokud je nižší než 20 %, je naopak považována za velmi jednoduchou. Nejvhodnější příklady jsou ty, u nichž se hodnota obtížnosti úlohy pohybuje kolem 50 %. [11]

Následující tabulka 2 obsahuje procentuální hodnoty obtížnosti Q jednotlivých analyzovaných úloh vypočtené podle vztahu (1). Příklady označené symbolem „*“ s hodnotou obtížnosti přesahující 80 % lze považovat za nejvíce obtížné. Příklady označené symbolem „+“ jsou naopak ty, jejichž hodnota obtížnosti nedosahuje 20 %, čili se jedná o úlohy nejjednodušší. Ze zkoumaných příkladů se zde nacházely dva příklady označeny za velmi obtížné. S hodnotou obtížnosti nedosahující 20 % se zde objevily rovněž dva příklady. Tabulka 3 pak obsahuje průměrné počty získaných bodů z jednotlivých úloh. Při porovnání těchto dvou tabulek si lze všimnout, že v nejtěžších úlohách podle hodnoty obtížnosti Q bylo rovněž získáno nejméně bodů. V úlohách označených za nejjednodušší platí, že v nich bylo získáno nejvíce bodů. [11]

Tabulka 2: Obtížnost úlohy

	ÚLOHA			
ROČNÍK	1	2	3	4
54	31,46	30,34	75,28	59,55
55	79,71	44,93	40,58	76,81
56	20,83	54,17	29,17	52,08
57	37,66	16,88+	48,05	68,83
58	64,29	57,14	64,29	44,29
59	14,52+	66,13	59,68	54,84
60	62,96	54,32	69,14	79,01
61	23,53	64,71	52,94	94,12*
62	27,03	64,86	54,05	81,08*

* označuje nejvíce obtížné úlohy, + označuje nejjednodušší úlohy

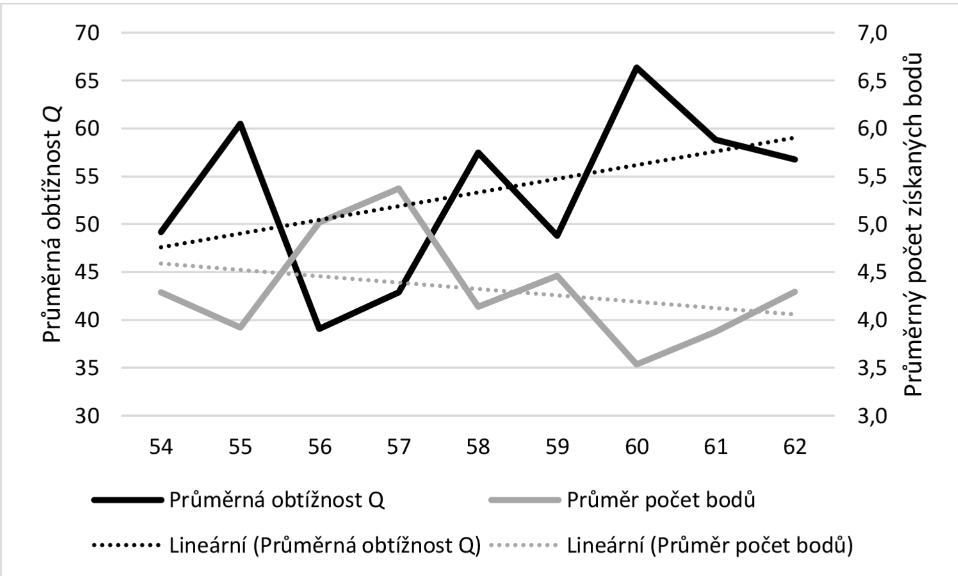
Tabulka 3: Průměrný počet získaných bodů v krajských kolech kategorie D

	ÚLOHA			
ROČNÍK	1	2	3	4
54	5,79	5,41	2,73	3,22
55	2,36	5,3	5,68	2,35
56	5,79	4,7	5,44	4,14
57	5,86	7,2^{+}	5,29	3,14
58	3,96	4,1	3,79	4,71
59	7,68^{+}	3,13	3,2	3,84
60	3,86	4,14	3,56	2,58
61	6,14	3,66	4,43	1,28*
62	7,18	3,72	4,39	1,88*

* označuje nejvíce obtížné úlohy, $^{+}$ označuje nejjednodušší úlohy

Graf 27 ukazuje vývoj průměrné obtížnosti Q a průměrného počtu získaných bodů v ročnících celkem. Lze vidět závislost mezi klesajícím průměrným počtem získaných bodů a rostoucí obtížností. Také lze pozorovat, že ve zkoumaných ročnících průměrná obtížnost roste, a tedy průměrný počet získaných bodů naopak klesá.

Graf 27: Vývoj průměrné obtížnosti a průměrného počtu získaných bodů



5.2 Citlivost úlohy

Citlivost úlohy byla určena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu, který je značen písmenem r. Ten vyjadřuje jak, pokud vůbec nějak, souvisí bodový zisk z jedné úlohy s celkovým počtem získaných bodů. Může nabýt hodnot od -1 do 1. Pokud je roven nule, žákův zisk bodů z dané úlohy není korelován s celkovým počtem získaných bodů z celého zadání kola. Pokud vychází záporně, znamená to, že úlohu řeší lépe žáci, jejichž celkové skóre je nízké, ale právě zkoumanou úlohu řešili správně. Naopak když tento koeficient vychází kladně, znamená to, že příklad řešili lépe ti celkově úspěšnější žáci. Platí rovnice

$$r = \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}}(x_{\mathrm{i}} - \bar{x})(h_{\mathrm{i}} - \bar{h})}{\sqrt{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}}(x_{\mathrm{i}} - \bar{x})^2}\sqrt{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}}(h_{\mathrm{i}} - \bar{h})^2}}, \tag{4}$$

kde r je Pearsonův korelační koeficient, x_{i} je počet bodů získaný i-tým testovaným z dané úlohy, $\bar{x}$ je průměrný bodový zisk všech účastníků z dané úlohy, h_{i} je celkový počet bodů, které získal i-tý a $\bar{h}$ je průměrný celkový počet bodů získaný za celé zadání. [11, 12]

Hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu každého příkladu jsou uvedeny v tabulce 4. Je vidět, že ve všech případech vychází koeficient kladný. Při testu významnosti korelačního koeficientu na hladině významnosti 0,05 bylo zjištěno, že ve všech případech je jeho hodnota statisticky významně odlišná od nuly, a tudíž lze předpokládat, že mezi bodovými zisky z každé úlohy a celkovými bodovými zisky u jednotlivých soutěžících existuje pozitivní korelace. Nadále byla řešena hypotéza, zda je tento korelační koeficient dokonce statisticky významně vyšší než 0,5. Pokud je statisticky významně vyšší, znamená to, že mezi body získanými za danou úlohu i-tým žákem a celkovými získanými body i-tým žákem existuje významná pozitivní korelace. Hypotéza o statisticky významně vyšší hodnotě korelačního koeficientu než 0,5 byla zamítnuta pouze u sedmi příkladů, jejichž hodnota koeficientu je v tabulce 4 vyznačena symbolem „*“. U všech ostatních příkladů nelze předpokládat silné pozitivní korelace mezi bodovým ziskem z dané úlohy a celkovým bodovým ziskem každého účastníka.

Tabulka 4: Citlivost úlohy

	ÚLOHA			
ROČNÍK	1	2	3	4
54	0,5891*	0,6946	0,7882	0,8396
55	0,7415	0,8393	0,7064	0,7668
56	0,6944	0,7214	0,7119	0,7100
57	0,8056	0,7840	0,8120	0,7176
58	0,7511	0,7047	0,7986	0,7413
59	0,6560	0,7873	0,7281	0,8297
60	0,7834	0,8272	0,7503	0,8133
61	0,5821*	0,6892*	0,6639*	0,7220*
62	0,6738*	0,8141	0,7175	0,6514*

* označuje zamítnutí hypotézy o statisticky významně vyšší hodnotě korelačního koeficientu než 0,5

5.3 Analýza příkladů

Na základě hodnoty obtížnosti Q jednotlivých úloh lze rozdělit příklady do čtyř kategorií:

1. Jednoduché – obtížnost úlohy Q je nižší než 20 %
2. Ideální – obtížnost úlohy Q je v rozmezí 40 % až 60 %
3. Obtížné – obtížnost úlohy Q přesahuje hodnotu 80 %
4. Ostatní – zahrnuje všechny ostatní úlohy nezařazené do žádné jiné kategorie

V následujících tabulkách 5–7 jsou úlohy rozděleny do jednotlivých kategorií a jsou zde podrobně uvedeny i jejich další parametry. Příklady jsou značeny XX-Y, kde XX je pořadové číslo ročníku FO a Y je pořadové číslo úlohy v odpovídajícím zadání krajského kola. V tabulce 5 lze vidět příklady, které byly na základě nízké hodnoty obtížnosti Q označeny za jednoduché. Takové příklady se napříč zkoumanými ročníky objevily pouze ve dvou případech. Jeden příklad byl na úplné hranici s hodnotou obtížnosti hodnoty Q = 20,83.

Tabulka 5: Jednoduché příklady

Příklad	$\bar{x}$	Q	r
59-1	7,68	14,52	0,6560
57-2	7,20	16,88	0,7840
56-1	5,79	20,83	0,6944

$\bar{x}$ je průměrný počet získaných bodů, Q je obtížnost úlohy, r je citlivost úlohy

Příklady, jejichž hodnota obtížnosti Q se nacházela mezi 40 % a 60 %, byly označeny za ideální. V analyzovaných ročnících se takových příkladů vyskytovalo celkem třináct, což odpovídá zhruba třetině ze všech úloh. V tabulce 6 lze vidět, že průměrný počet získaných bodů z jednotlivých úloh byl 3,20 až 5,68 bodů. Trend klesajícího počtu bodů zde není tak patrný jako u jednoduchých příkladů, přesto ho lze sledovat. Zajímavé je, že ve valné většině případů byla citlivost úloh statisticky významně vyšší než 0,5. Jedinou výjimkou je úloha č. 3 z 61. ročníku soutěže, kde byla sice citlivost také větší než 0,5, ale nikoliv statisticky významně. To mohlo být ovlivněno faktem, že v tomto ročníku probíhalo krajské kolo z důvodu pandemie Covid19 pouze online formou a zadání úloh bylo společné pro tři kategorie, B, C a D, čemuž odpovídala i postupně rostoucí náročnost jednotlivých úloh zadaných v tomto kole. Vše výše zmíněné tak podporuje vhodnost zařazení takových ideálních úloh do soutěže.

Tabulka 6: Ideální příklady

Příklad	$\bar{x}$	Q	r
55-3	5,68	40,58	0,7064
58-4	4,71	44,29	0,7413
55-2	5,30	44,93	0,8393
57-3	5,29	48,05	0,8120
56-4	4,14	52,08	0,7100
61-3	4,43	52,94	0,6639*
62-3	4,39	54,05	0,7175
56-2	4,70	54,17	0,7214
60-2	4,14	54,32	0,8272
59-4	3,84	54,84	0,8297
58-2	4,10	57,14	0,7047
54-4	3,22	59,55	0,8396
59-3	3,20	59,68	0,7281

$\bar{x}$ je průměrný počet získaných bodů, Q je obtížnost úlohy, r je citlivost úlohy, * označuje hodnoty citlivosti příkladů, u nichž byla zamítnuta statistická hypotéza o významně vyšší hodnotě citlivosti než 0,5

Za obtížné byly označeny dva příklady s hodnotou obtížnosti Q přesahující 80. Další dva příklady se nacházely těsně pod touto hranicí, jak lze vidět v tabulce 7. V těchto příkladech bylo zároveň získáno nejméně bodů. U nich je trend klesajícího počtu získaných bodů (rozmezí od 2,36 do 1,28) s rostoucí obtížností Q zcela jednoznačný. Citlivost těchto dvou nejobtížnějších úloh navíc není statisticky významně vyšší než 0,5, tedy bodový zisk z nich není tak výrazně korelován s celkovým počtem bodů jako u méně obtížných úloh. Navíc 4. úloha 61. ročníku ze společného zadání pro tři kategorie byla koncipována tak, aby svou obtížností odpovídala nadaným studentům kategorie B, což mohlo velmi výrazně navýšit i její obtížnost v kontextu kategorie D. Druhá nejobtížnější úloha ze sledovaných vykazuje nejmenší míru korelace, když ji porovnáváme pouze s ročníky, ve kterých měla kategorie D samostatné zadání. I v tomto případě ovšem mohla hrát vliv pandemie Covid19 a velmi pomalý návrat společnosti, a tedy i studentů, do normálního života srovnatelného s dobou před nástupem pandemie.

Tabulka 7: Obtížné příklady

Příklad	$\bar{x}$	Q	r
55-1	2,36	79,0124	0,7415
55-4	2,35	79,7101	0,7668
62-4	1,88	81,0810	0,6514*
61-4	1,28	94,1177	0,7220*

$\bar{x}$ je průměrný počet získaných bodů, Q je obtížnost úlohy, r je citlivost úlohy, * označuje hodnoty citlivosti příkladů, u nichž byla zamítnuta statistická hypotéza o významně vyšší hodnotě citlivosti než 0,5

Do kategorie ostatní, tedy úlohy s hodnotou obtížnosti Q mezi 20 % až 40 % a 60 % až 80 %, spadá devatenáct příkladů. Obecně patří tyto úlohy spíše k obtížnějším než k jednodušším. Z nich totiž sedm mělo hodnotu obtížnosti Q mezi 20 a 40 %. Hodnoty obtížnosti Q zbývajících dvanácti příkladů byly mezi 60 a 80 %. Do těchto statistik jsou v potaz brány i příklady dříve označené jako na hranici.

5.4 Porovnání obou krajů

Pro porovnání výsledků v kraji Vysočina a Jihočeském kraji byl využit standartní *t*-test rozdílu středních hodnot pro dva nezávislé výběry na hladině významnosti 0,05. V tabulce 3 jsou přehledně vyobrazeny průměrné celkové bodové zisky v jednotlivých ročnících v obou krajích. Společně s nimi je zde uvedena *p*-hodnota *t*-testu a jeho statistická významnost. Ačkoliv se z tabulky 8 zdá, že téměř v každém ročníku (s výjimkou 59. ročníku) je průměrný bodový zisk v kraji Vysočina vyšší nebo roven průměrnému bodovému zisku v Jihočeském kraji, statisticky významný rozdíl byl pozorován pouze ve třech případech z devíti, a to v ročnících 54, 55 a 57.

Tabulka 8: Porovnání krajů na základě celkového bodového zisku

	KRAJ VYSOČINA		JIHOČESKÝ KRAJ		CELKEM	VÝZNAMNÝ ROZDÍL
ROČNÍK	průměr	odchylka	průměr	odchylka	*p*-hodnota	ano/ne
54	20,3	1,1	14,0	1,2	0,0002	ano
55	18,7	1,9	10,8	1,3	0,0008	ano
56	22,0	1,4	18,1	2,2	0,1120	ne
57	24,6	1,6	18,4	1,5	0,0057	ano
58	18,5	1,4	14,6	1,5	0,0587	ne
59	17,5	1,5	18,2	2,0	0,7697	ne
60	15,6	1,6	12,6	1,6	0,1837	ne
61	15,5	0,8	15,5	2,7	1,0000	ne
62	18,4	2,2	16,0	2,0	0,4947	ne

Analogicky byly testovány statistické rozdíly mezi oběma kraji v bodovém ohodnocení i u jednotlivých řešených úloh. K tomu byl opět použit *t*-test rozdílu středních hodnot pro dva nezávislé výběry na hladině významnosti 0,05. I v tomto případě vychází třetina analyzovaných sad významně odlišně, konkrétně byl pozorován statisticky významný rozdíl dvanácti příkladů. Příslušné *p*-hodnoty jednotlivých testů jsou uvedeny v tabulce 9. Výsledky ukazují, že v ročnících 54, 55, a 57 vždy tři ze zadaných čtyř úloh vykazují statisticky významný rozdíl v bodovém ohodnocení mezi oběma kraji, což plně koresponduje i se zjištěnými rozdíly v celkovém bodovém zisku (viz tabulka 8). V ostatních ročnících se statisticky významně liší bodový zisk u nejvýše jedné ze zadaných úloh, v ročnících 59 a 61 dokonce u žádné z nich.

Na základě těchto porovnání lze s jistou pravděpodobností tvrdit, že účastníci v kraji Vysočina obecně vykazují mírně vyšší bodové zisky oproti soutěžícím v Jihočeském kraji, nicméně statisticky je tento rozdíl ve většině případů nevýznamný. Tento jev může být vysvětlen některým z následujících faktorů. Soutěžící v kraji Vysočina obecně vykazují mírně vyšší talent nebo jim je ze strany vyučujících příslušných škol či jiných vzdělávacích institucí poskytovaná kvalitnější příprava v oblasti řešení náročnějších úloh z fyziky. Další možností může být i vyšší benevolence příslušné komise FO při opravování úloh, i když tento důvod bude zřejmě zastoupen spíše okrajově, vzhledem k poměrně striktnímu bodování úloh a jejich částí uváděnému v autorském řešení.

Tabulka 9:

	ÚLOHA			
ROČNÍK	1	2	3	4
54	0,4875	0,0189*	0,0219*	0,0000*
55	0,0071*	0,0157*	0,1090	0,0005*
56	0,0703	0,7772	0,0477*	0,5059
57	0,0594	0,0115*	0,0480*	0,0283*
58	0,8025	0,0005*	0,0955	0,2246
59	0,8880	0,6189	0,5033	0,1175
60	0,7565	0,3902	0,6208	0,0107*
61	0,3872	0,1259	0,2175	0,2234
62	0,0196*	0,0894	0,3975	0,2203

* označuje statistický významný rozdíl

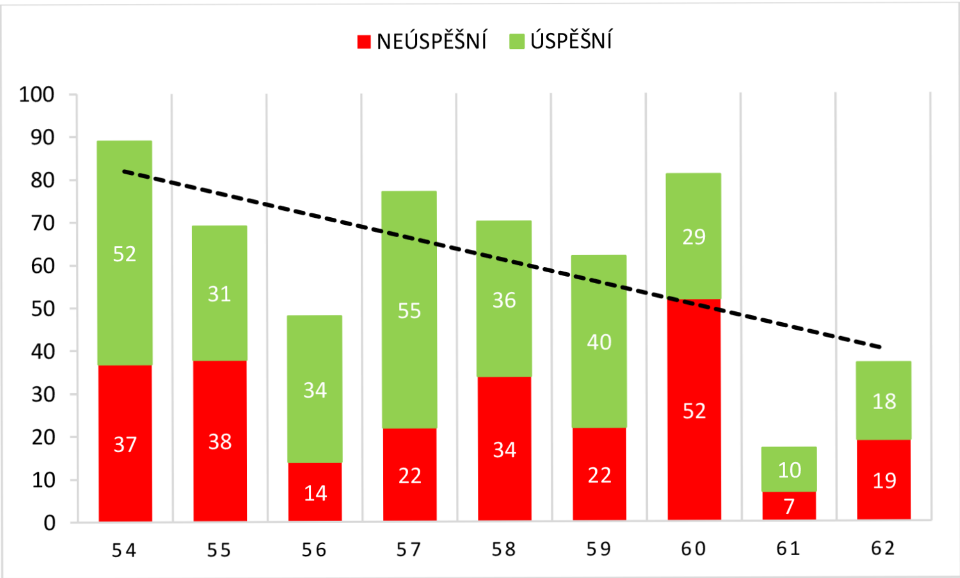
5.5 Vývoj počtu úspěšných řešitelů kategorie D

V této části je řešeno, kolik bylo v jednotlivých ročnících úspěšných řešitelů. Dle pravidel pro určování pořadí a úspěšných řešitelů FO musí účastník splnit dvě podmínky. Aby byl úspěšným řešitelem, musí získat celkem minimálně čtrnáct bodů a zároveň alespoň ze dvou příkladů musí získat pět nebo více bodů. Neúspěšným řešitelem je ten účastník, který nesplnil alespoň jednu z uvedených podmínek.

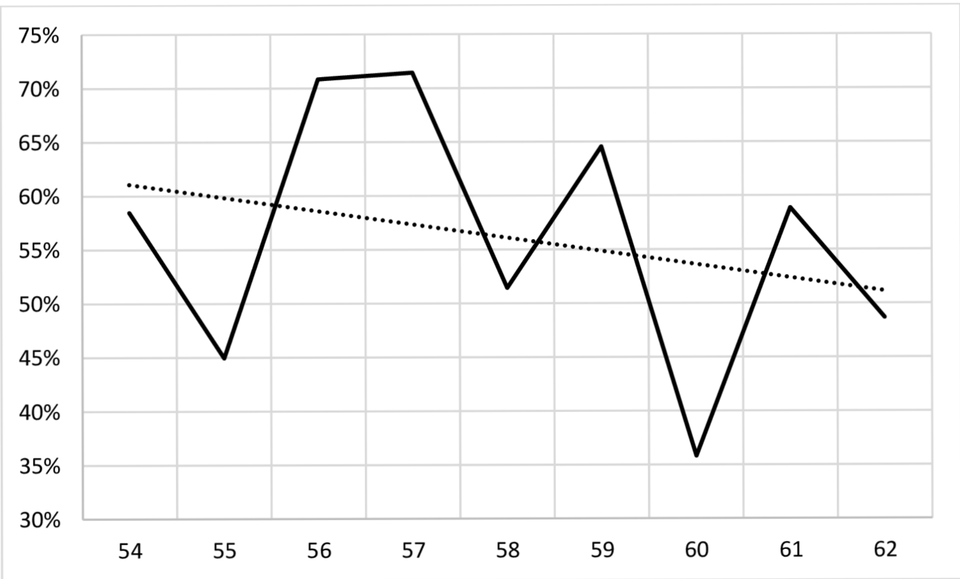
V grafu 28 lze vidět počet úspěšných i neúspěšných řešitelů napříč zkoumanými ročníky. V grafu 29 se pak nachází procentuální zastoupení úspěšných řešitelů v každém zkoumaném ročníku, které postupem mírně klesá. Ročník 61. má výrazně nižší účast. Jednalo se o rok poznamenaný covidovými opatřeními spojenými mimo jiné s online výukou, což ovlivnilo i účast v předmětových soutěžích, Fyzikální olympiádu nevyjímaje. Krajské kolo tehdy probíhalo také online formou. Úlohy tohoto kola byly navíc společné pro kategorie B, C a D. Procentuální úspěšnost v tomto ročníku se však nijak výrazně neliší od úspěšnosti v jiných sledovaných ročnících. Ani následující 62. ročník v počtu účastníků nedosahuje před covidových hodnot, a to především v kraji

Vysočina. Je možné, že měla covidová opatření dopad i na účast v dalších ročnících. K ověření této hypotézy by ale bylo potřeba sledovat i účast v následujících letech.

Graf 28: Úspěšní a neúspěšní řešitelé



Graf 29: Vývoj počtu úspěšných řešitelů



6 Rozbor nejobtížnějších úloh

55-1 Kulička na niti
Průměrný počet získaných bodů: 2,36

Na konci nitě délky l je upevněna malá kulička o hmotnosti m. Druhý konec nitě vezmeme do ruky, kuličku uvedeme pohybem ruky do pohybu po kružnici ve svislé rovině a nepatrným krouživým pohybem zápěstí ji v tomto pohybu udržujeme. Poloměr kružnice, po které kulička obíhá, je tedy prakticky roven délce niti l.

a) Určete minimální velikost v_1 rychlosti v nejvyšším bodě trajektorie tak, aby nit ještě zůstala napnutá.
b) Určete velikost v_2 rychlosti, kterou bude kulička mít v nejnižším bodě trajektorie při splnění podmínky a).
c) Určete velikost F_2 síly, kterou je při splnění podmínky a) nit napínána v nejnižší poloze.
d) Určete velikost F_3 síly, kterou je nit při splnění podmínky a) napínána ve vodorovné poloze.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $m = 0{,}14$ kg, $l = 0{,}45$ m. Odporové síly považujte za zanedbatelné. [13]

Řešení

a) Aby nit zůstala napnutá, musí se dostředivé síly rovnat odstředivým. Dostředivá síla je v tomto případě tíhová síla $F_\mathrm{g} = mg$. Odstředivá síla pohybu po kružnici je dána vztahem $F_\mathrm{od} = m \cdot \frac{v_1^2}{l}$.

$$mg = m \cdot \frac{v_1^2}{l}$$

Z toho vyjádříme v_1^2

$$v_1 = \sqrt{gl}$$
$$v_1 = 2{,}1\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

1 bod

b) K získání velikosti rychlosti v_2 využijeme zákona zachování mechanické energie. Součet kinetické a polohové energie v nejnižším bodě trajektorie je roven součtu kinetické a polohové energie v nejvyšším bodě trajektorie.

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mg0l = \frac{1}{2}mv_1^2 + mg2l$$

Z toho vyjádříme v_2

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 4gl} = \sqrt{5gl}$$

$$v_2 = 4{,}7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

3 body

c) Síla F_2, která napíná nit v nejnižším bodě trajektorie je rovna součtu tíhové síly F_g a síly odstředivé F_{od2}. Žádná jiná síla v tomto směru na nit nepůsobí.

$$F_2 = F_g + F_{od2}$$

$$F_2 = mg + m \cdot \frac{v_2^2}{l} = mg + m \cdot \frac{5gl}{l} = 6mg$$

$$F_2 = 8{,}24\ \mathrm{N}$$

3 body

d) K získání velikosti síly F_3, která je silou odstředivou a platí pro ni tedy vztah $F_3 = m \cdot \frac{v_3^2}{l}$, kde neznáme pouze rychlost v_3. K vyjádření této rychlosti v_3 využijeme znovu zákonu zachování mechanické energie. Tedy součty kinetické a polohové energie v nejvyšším bodě, nejnižším bodě i ve vodorovné poloze si musejí být rovny.

$$E_1 = E_2 = E_3$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mg2l = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + mgl$$

K vyjádření rychlosti v_3 postačí pouze rovnost mechanické energie ve vodorovné poloze s jednou další polohou, buď v nejvyšším bodě či nejnižším.

$$\frac{1}{2}mv_3^2 + mgl = \frac{1}{2}mv_1^2 + 2mgl$$

Z toho vyjádříme v_3

$$v_3 = \sqrt{v_1^2 + 2gl} = \sqrt{3gl}$$

Alternativně

$$\frac{1}{2}mv_3^2 + mgl = \frac{1}{2}mv_2^2$$

Z toho vyjádříme v_3

$$v_3 = \sqrt{v_2^2 - 2gl} = \sqrt{3gl}$$

Pak dosadíme do vztahu pro F_3

$$F_3 = m \cdot \frac{v_3^2}{l} = m \cdot \frac{3gl}{l} = 3mg$$

$$F_3 = 4{,}12\ \mathrm{N}$$

3 body

Diskuze

Ve 31 případech z celkových 69 nezískali účastníci ani jeden bod, tedy se dá předpokládat, že největší problém jim dělala hned úvodní úloha a). Pravděpodobně k takovému neúspěchu vedla neznalost teorie pohybu po kružnici, špatného náčrtu či představě. Jeden bod získalo devět studentů. Ti tak správně vyřešili úkol a), ale už se jim nedařilo v úloze b). Zde lze předpokládat, že neovládali, nebo nedokázali vyjádřit požadovanou rychlost pomocí zákonu zachování mechanické energie. Rovněž v devíti případech získali studenti dva body. Ti nejspíše věděli, že rychlost vyjádří pomocí zákona zachování energie, jen nebyli schopni tuto úlohu správně vyřešit. Čtyři zúčastnění v tomto příkladě získali všech deset bodů.

55-4 Přistání kosmické sondy na planetce Eros

Průměrný počet získaných bodů: 2,35

Planetka Eros obíhá kolem Slunce po eliptické trajektorii s periodou $T_\mathrm{E} = 1{,}76$ roku, v aféliu je její vzdálenost od Slunce $r_\mathrm{a} = 1{,}78$ AU. V roce 1996 vypustila NASA sondu NEAR Schoemaker, která 14. 2. 2000 zakotvila na oběžné dráze kolem planetky a 12. 2. 2001 přistála na planetce. Kolem planetky sonda obíhala s periodou $T_\mathrm{N} =$ 6,6 pozemského dne po kruhové trajektorii s poloměrem $r_\mathrm{N} = 155$ km. Planetka má objem přibližně jako koule o poloměru $r_\mathrm{E} = 8{,}8$ km, ale nepravidelný tvar podobný bramboru. Určete

a) vzdálenost planetky Eros od Slunce v periheliu r_p a číselnou výstřednost ε její trajektorie,
b) hmotnost planetky M_E a její průměrnou hustotu ϱ,

c) gravitační zrychlení a_{g} na povrchu planetky, pokud by měla tvar koule, a nejmenší startovní rychlost v sondy nutnou k opuštění planetky.

Gravitační konstanta $\kappa = 6{,}67 \cdot 10{-}11\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$. [13]

Řešení

a) Pro vzdálenost planetky Eros od Slunce v periheliu r_{p} platí vztah:

$$r_{\mathrm{p}} = 2a_{\mathrm{E}} - r_{\mathrm{a}}$$

Kde a_{E} je délka hlavní poloosy trajektorie planetky Eros, kterou neznáme, a r_{a}, které známe ze zadání, je její vzdálenost od slunce v aféliu. Pro zjištění a_{E} potřebujeme znát třetí Keplerův zákon, ten zní:

$$\frac{{a_{\mathrm{E}}}^3}{a_{\mathrm{Z}}^3} = \frac{T_{\mathrm{E}}^2}{T_{\mathrm{Z}}^2}$$

Vyjádříme a_{E}

$$a_{\mathrm{E}} = a_{\mathrm{Z}} \sqrt[3]{\frac{T_{\mathrm{E}}^2}{T_Z^2}}$$

Víme, že $a_{\mathrm{Z}} = 1$ AU, $T_{\mathrm{Z}} = 1$ rok a T_E známe ze zadání. Po dosazení dostaneme hodnotu a_{E}.

$$a_{\mathrm{E}} = 1{,}46\ \mathrm{AU}$$

Číselnou výstřednost ε její trajektorie pak získáme ze vztahu:

$$\varepsilon = \frac{r_{\mathrm{p}} - a_{\mathrm{E}}}{a_{\mathrm{E}}}$$

Po dosazení vyjde

$$\varepsilon = 0{,}22$$

3 body

b) Ke zjištění hmotnosti planetky Eros M_{E} byl využit vztah pro gravitační sílu F_{g}. Tato síla se považuje za dostředivou, tak k získání hmotnosti M_{E} bylo potřeba využít i vztah pro dostředivou sílu F_{d}.

$$F_{\mathrm{g}} = \kappa \frac{M_{\mathrm{E}} m_{\mathrm{N}}}{r_{\mathrm{N}}^2}$$

$$F_{\mathrm{d}} = m_{\mathrm{N}} \omega^2 r_{\mathrm{N}} = m_{\mathrm{N}} \frac{4\pi^2}{T_{\mathrm{N}}^2} r_{\mathrm{N}}$$

Víme, že $F_{\mathrm{g}} = F_{\mathrm{d}}$, pak

$$\kappa \frac{M_\mathrm{E} m_\mathrm{N}}{r_\mathrm{N}^2} = m_\mathrm{N} \frac{4\pi^2}{T_\mathrm{N}^2} r_\mathrm{N}$$

Vyjádříme M_E

$$M_\mathrm{E} = \frac{4\pi^2 r_\mathrm{N}^3}{\kappa T_\mathrm{N}^2}$$

Po dosazení vyjde $M_\mathrm{E} = 6{,}78 \cdot 10^{15}$ kg. Průměrnou hustotu ϱ získáme ze vztahu

$$\varrho = \frac{m}{V} = \frac{M_\mathrm{E}}{\frac{4}{3}\pi r_\mathrm{E}^3}$$

Po dosazení je $\varrho = 2{,}375 \cdot 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

4 body

c) Gravitační zrychlení a_g zjistíme z následujícího vztahu

$$a_\mathrm{g} = \kappa \frac{M_\mathrm{E}}{r_\mathrm{E}^2}$$

Po dosazení vyjde $a_\mathrm{g} = 5{,}84\ \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Aby sonda opustila planetku, její minimální startovní rychlost musí být tzv. úniková rychlost. Pro ni platí následující vztah:

$$v = \sqrt{\frac{2\kappa M_\mathrm{E}}{r_\mathrm{E}}}$$

Po dosazení je $v = 10{,}14\ m \cdot \mathrm{s}^{-1}$.

3 body

Diskuze

Tohoto ročníku se v Jihočeském kraji a kraji Vysočina zúčastnilo 69 studentů. 33 z nich nezískalo žádný bod a dalších deset získalo pouze jeden bod. Dalo by se polemizovat, zda je to zapříčiněno nedostatkem času, vzhledem k tomu, že je to až čtvrtý příklad v pořadí, ale to je pouze spekulace. Největším problémem v řešení tedy byl samotný vstup k řešení této úlohy. Příklad jako takový se nezdá být příliš náročný, ale je potřeba znalost vztahů gravitačního pole a správně vybrat veličiny, jenž do těchto vztahů ze zadání použít. Myslím, že deseti bodoví účastníci znali vztah pro třetí Keplerův zákon, ale už nemuseli vědět, že mohou dosadit hodnoty hlavní poloosy trajektorie a dobu oběhu Země, a tak ztroskotali. V pěti případech studenti získali tři body, to nejspíše znamená, že správně vyřešili úlohu a), ale další už nezvládli. Zde si opět buď nevzpomněli na vztah pro gravitační a dostředivou sílu, nebo si neuvědomili, že je v tomto případě gravitační síla rovna té dostředivé. Více než 7 bodů získalo pouze osm účastníků. Deset bodů pak získal pouze jeden. Úloha c) byla pouze o znalosti vztahů pro gravitační zrychlení a únikové rychlosti. Napříč celým příkladem mohlo docházet k většímu počtu špatných výpočtu, vzhledem k velkým číslům ve výpočtech a převodů jednotek.

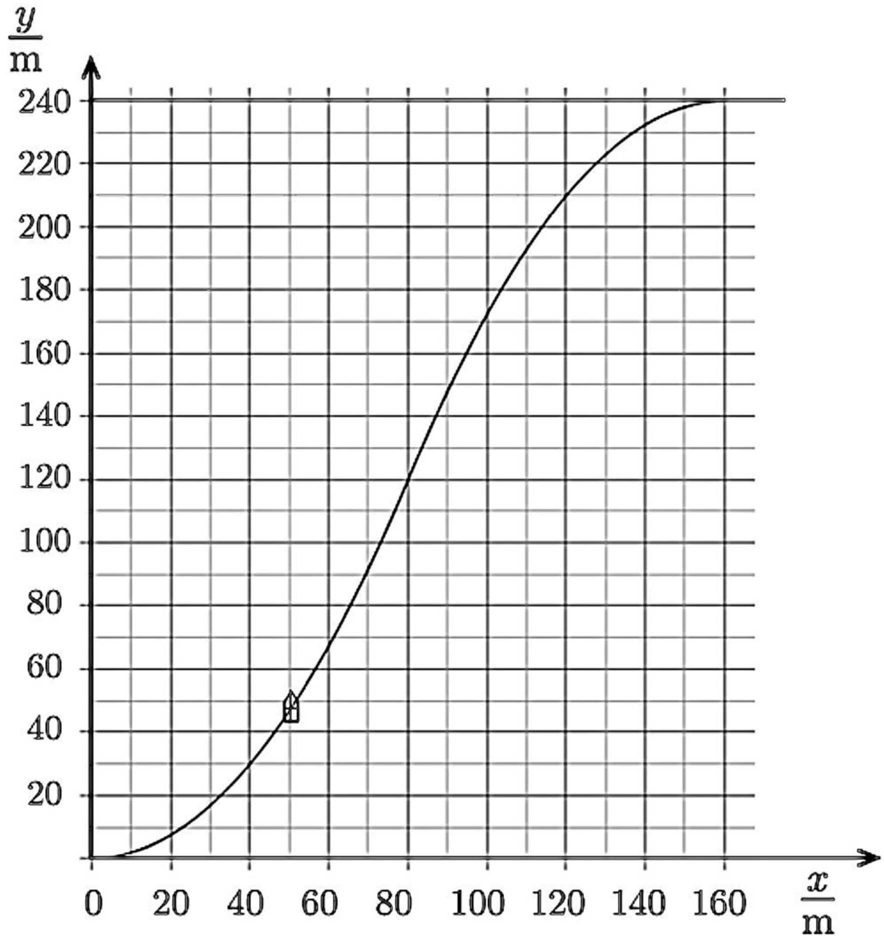
62-4 Člun na řece

Průměrný počet získaných bodů: 1,88

Řeka s rovnými rovnoběžnými břehy má šířku $d = 240$ m a voda teče v celém řečišti rychlostí o velikosti $v_0 = 2{,}0$ m · s^{-1}. Malý motorový člun je u jednoho břehu ukotven tak, že jeho podélná osa směřuje kolmo k břehu. V jednom okamžiku člun uvolníme a současně motor začne loďku uvádět do rovnoměrně zrychleného pohybu kolmo ke směru toku. Když člun dorazí do středu řeky, bude jej motor udržovat v rovnoměrně zpomaleném pohybu se zrychlením o stejné velikosti. V obrázku je v souřadnicovém systému *Oxy* pevně spojeném s břehy řeky znázorněna trajektorie člunu, tvoří ji dvě na sebe navazující shodné části paraboly.

a) Určete čas t_0, ve kterém člun dopluje k protilehlému břehu.
b) Určete velikost a zrychlení člunu.
c) Určete velikost okamžité rychlosti v_1 člunu vzhledem k břehu v poloze znázorněné v obrázku (obr. 1).
d) Určete souřadnice x_2, y_2 polohy v okamžiku, kdy velikost rychlosti člunu vzhledem k břehům je $v_2 = 5{,}0$ m · s^{-1}.

Rozměry člunu vzhledem k uvažovaným vzdálenostem zanedbejte. [13]



Obr. 1: Poloha člunu [14]

Řešení

a) K určení času t_0 stačilo pouze využití vztahu pro dobu rovnoměrného pohybu. Z obrázku 1 vidíme, že na ose x loď uplula 160 m. Její rychlost v ose x byla $v_\mathrm{x} = 2{,}0\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Pak

$$t_0 = \frac{d_\mathrm{x}}{v_\mathrm{x}}$$

Po dosazení je $t_0 = 80$ s.

1 bod

b) Pro získání velikosti zrychlení a bylo využito vztahu pro rovnoměrně zrychlený pohyb $s = \frac{1}{2}at^2$. Rovnoměrně zrychlený pohyb loďka konala pouze do poloviny její cesty.

$$\frac{d}{2} = \frac{at_0^2}{2^3}$$

Z toho vyjádříme a:

$$a = \frac{4d}{t_0^2}$$

Po dosazení je $a = 0{,}15\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

2 body

c) V obrázku 1 lze vidět, že souřadnice loďky jsou $x = 50$ m. Rychlost v ose x je $v_\mathrm{x} = 2{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Pak znovu ze vzorce pro rovnoměrný pohyb zjistíme čas t, za který se loď pohnula od břehu na místo kde se na obrázku nachází.

$$t = \frac{d_\mathrm{x}}{v_\mathrm{x}} = 25\ \mathrm{s}$$

Rychlost ypsilonové složky v_y zjistíme ze vztahu pro rovnoměrně zrychlený pohyb.

$$v_y = at = 3{,}75\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Složky rychlosti v_x a v_y jsou na sebe kolmé, rychlost v je pak přeponou trojúhelníku s velikostí zbylých dvou stran právě těchto složek rychlostí. Platí tedy:

$$v = \sqrt{v_\mathrm{x} + v_\mathrm{y}} = 4{,}25\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

3 body

d) Obdobně jako v c) vyjdeme z pravoúhlého trojúhelníku pro zjištění rychlosti v_y a následně souřadnic x a y. Tentokrát známe přeponu, rychlost v_2.

$$v_\mathrm{y} = \sqrt{v_2^2 - v_\mathrm{x}^2} = 4{,}6\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Souřadnice y a x pak zjistíme z následujících vztahů:

$$y = \frac{1}{2}at^2; x = v_\mathrm{x}t,$$

kde $t = \frac{v_\mathrm{y}}{t}$

3 body

Po dosazení se loďka nachází na souřadnicích $y = 70{,}7$ m a $\mathrm{x} = 61{,}4$ m. Existuje zde i druhé řešení, a to, když se loďka pohybuje rovnoměrně zpomaleným pohybem, tedy v druhé polovině trajektorie. Tyto souřadnice zjistíme pouhým odečtením výše vypočítaných souřadnic od konečných souřadnic, které vyčteme z grafu.

$$y' = 240 - 70{,}7 = 169{,}3\ \mathrm{m}$$

$$x' = 160 - 61{,}4 = 98{,}6\ \mathrm{m}.$$

1 bod

Diskuze

Tento příklad řešilo celkem 37 studentů v Jihočeském kraji a kraji Vysočina. Ačkoli se tento příklad zaobírá úvodní tématikou mechaniky, bylo zde rovnou devatenáct studentů, jež nezískali žádný bod. Příklad se mi nezdál nijak náročný, tak myslím, že největší příčinou takového příkladu byl nedostatek času k vypracování. Čtyři studenti získali jeden bod, který byl za správné řešení úlohy a). U úlohy b) v tom možná studenti hledali zbytečné složitosti kvůli tomu, že na první polovině trasy se člun pohyboval rovnoměrně zrychleně a na druhé rovnoměrně zpomaleně. Úlohy c) a d) jsou velmi podobné, stačilo si pouze správně určit souřadnice člunu z obrázku a znát pravidla v pravoúhlého trojúhelníku. Tři studenti získali devět bodů, pravděpodobně tak zapomněli na druhé řešení v úloze d).

61-4 Miska na pružině

Průměrný počet získaných bodů: 1,28

Na svislé pružině o zanedbatelné hmotnosti je zavěšena miska. Když pružinu natáhneme o malou délku a pustíme, začne soustava kmitat s periodou T_1. Když na misku vložíme závaží o hmotnosti m_1, kmitá soustava s periodou $T_2, T_2 > T_1$.

a) Stanovte hmotnost m misky.
b) O jakou délku y můžeme pružinu, na jejíž misce je závaží o hmotnosti m_1, natáhnout, aby při kmitání soustavy závaží na misce nenadskakovalo?
c) Když je na misce závaží o hmotnosti m_1, zaujme miska určitou rovnovážnou polohu. O jakou délku Δy se tato poloha posune, když závaží o hmotnosti m_1 nahradíme závažím o hmotnosti m_2?
d) Vysvětlete, jak se soustava, které se úloha týká, dá použít k měření hmotnosti těles, když máme k dispozici jen stopky a závaží o známé hmotnosti m_1. [13]

Řešení

a) Hmotnost misky m zjistíme ze vztahu pro periodu kmitavého pohybu.

$$T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + m_1}{k}}$$

Rovnice umocníme a vydělíme

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{m + m_1}{m}$$

Vyjádříme hledanou hmotnost m

$$m = \frac{m_1 \cdot T_1^2}{T_2^2 - T_1^2}$$

2 body

b) Aby závaží nenadskakovalo, musí být tíhová síla F_g stejná nebo větší než síla opačného směru F.

$$F_\mathrm{g} \geq F$$

$$m_1 g \geq m_1 a$$

$$g \geq a$$

Pro zrychlení a platí vztah

$$a = \omega^2 y = \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 \cdot y$$

Vyjádříme délku y

$$y = \frac{T_2^2 a}{4\pi^2}$$

Protože $a \leq g$, pak platí

$$y \leq \frac{g T_2^2}{4\pi^2}$$

2 body

c) Délku Δy získáme ze vztahu pro sílu působící na pružinu $F_\mathrm{p} = k \cdot \Delta y$. Ta je rovna rozdílu sil působících na pružinu při závaží o hmotnosti m_1 a m_2.

$$F_\mathrm{p} = k \cdot \Delta y = F_1 - F_2 = |m_1 - m_2| g$$

Z toho vyjádříme Δy

$$\Delta y = \frac{|m_1 - m_2| g}{k}$$

Jedinou neznámou zde je tuhost pružiny k. Tu vyjádříme z hmotnosti m, vyjádřené v úkolu a).

$$m = \frac{m_1 \cdot T_1^2}{T_2^2 - T_1^2}$$

Kde dosadíme za $T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

$$m = \frac{m_1 \cdot \left(2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}\right)^2}{T_2^2 - T_1^2}$$

Z toho vyjádříme k

$$k = \frac{4\pi^2 \cdot m_1}{T_2^2 - T_1^2}$$

Dosadíme zpět do Δy

$$\Delta y = \frac{|m_1 - m_2|\left(T_2^2 - T_1^2\right)g}{4\pi^2 m_1}$$

3 body

d) Vyjdeme ze vztahu pro periodu. Tu si vyjádříme pro misku, která váží m, známé závaží o hmotnosti m_1 a naposled pro závaží o neznámé hmotnosti m_z.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}\ ;\ T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + m_1}{k}}\ ;\ T_\mathrm{z} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + m_\mathrm{z}}{k}}$$

Následně z T a T_1 vyjádříme m, k tomu potřebujeme rovnice vydělit

$$m = m_1 \cdot \frac{T^2}{T_1^2 - T^2}$$

Totožně pak z T a T_z vyjádříme znovu m

$$m = m_\mathrm{z} \cdot \frac{T^2}{T_\mathrm{z}^2 - T^2}$$

Obě vyjádření hmotnosti m porovnáme

$$m_1 \cdot \frac{T^2}{T_1^2 - T^2} = m_\mathrm{z} \cdot \frac{T^2}{T_\mathrm{z}^2 - T^2}$$

Teď už pouze vyjádříme pro nás neznámou hmotnost m_z

$$m_\mathrm{z} = m_1 \cdot \frac{T_\mathrm{z}^2 - T^2}{T_1^2 - T^2}$$

Pro změření hmotnosti neznámého závaží stačí znát hmotnost známého závaží m_1, periodu T kmitající misky bez závaží, periodu T_1 misky se známým závažím a na stopkách změřit periodu T_z neznámého závaží jehož hmotnost chceme zjistit.

3 body

Diskuze

Z celkových 17 účastníků jich deset nezískalo ani bod. Nejspíše se do příkladu vůbec nepustili a řešili ostatní příklady, nebo lze předpokládat, že jim úloha a) dělala největší problémy. V této úloze stačilo pouze znát základní vztah pro kmitání na pružině, správně dosadit a vyjádřit požadovanou hmotnost. Pouze šest zúčastněných získalo více než dva body, a tak pravděpodobně úlohu a) vyřešili úspěšně. U úlohy b) jim pak nejspíše největší problém dělala představa nebo vyjádření z porovnání sil, či vztahu pro zrychlení harmonického pohybu. Ti, co se dostali k úloze c), mohli mít problém s vyjádřením síly působící na pružinu či tuhosti pružiny k. V jednom případě bylo získáno devět bodů, tedy pravděpodobně jediný zúčastněný řešil částečně správně úlohu d), kde se jednalo pouze o porovnání jednotlivých period a vyjadřování ze vzorců.

Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byla analýza příkladů obsahujících obor mechaniky z Fyzikálních olympiád napříč vybranými ročníky všech kategorií a kol soutěže. Následně bylo zkoumáno, jakými podobory mechaniky se tyto příklady zabývaly.

- U kategorií pro základní školy se v teoretických příkladech nejčastěji objevovala kinematika. Experimentální úlohy se pak nejčastěji zabývaly veličinami a základními znalostmi, mechanikou kapalin a plynů a mechanikou tuhého tělesa.
- U kategorie D se v teoretických příkladech nejčastěji nacházela kinematika, dynamika a mechanická práce a energie. V experimentech pak převažovala mechanika tuhého tělesa.
- Příklady nacházející se v kategorii C se nejčastěji zabývaly kinematikou.
- V kategorii B byly podobory poměrně rovnoměrně rozloženy. Nejčastěji se zde objevovala problematika mechanické práce a energie, následována dynamikou, mechanikou tuhého tělesa a kinematikou.
- Příklady v kategorii A se nejčastěji zabývaly dynamikou.

Dále byl řešen vývoj výskytu mechaniky s rostoucími kategoriemi. Tento vývoj byl řešen zvlášť pro kategorie určené základním školám a středním školám. V obou případech dochází k poklesu výskytu mechaniky v příkladech vzhledem k postupu kategorií.

Kategorie D, kde se všechny příklady ze zkoumaných ročníků zabývaly mechanikou, byla podrobněji analyzována na základě výsledků účastníků FO v Jihočeském kraji a kraji Vysočina. Na základě obtížnosti úlohy byly příklady rozděleny do třech skupin – jednoduché, ideální a obtížné. Dále byly porovnávány výsledky z obou krajů, zda se významně statisticky liší. To nastalo pouze ve třech ročnících, a to v 54., 55. a 57. Totéž se řešilo u jednotlivých příkladů v této kategorii. Statisticky významný rozdíl nastal u dvanácti příkladů z celkových 36.

Následně byl řešen vývoj počtu účastníků v čase. Ve zkoumaných kategoriích sice dochází k poklesu účastníků, ale to je zapříčiněno především 61., tedy covidovým ročníkem. Následující ročník byl ovšem co se týče počtů zúčastněných slabý, ale v dalších (63. a 64.) ročnících se tento počet opět zvyšuje.

V poslední kapitole je pak ukázka čtyřech nejobtížnějších příkladů z kategorie D obsahující řešení. Každý tento příklad obsahuje i diskuzi, kde je rozebráno kolik bylo nejčastěji získáváno bodů a kde účastníci mohli nejčastěji dělat chyby.

Analýza deseti ročníků Fyzikální olympiády ukázala, že podobor mechaniky je velmi důležitý, objevuje se v úlohách jak teoretických, tak i experimentálních napříč všemi kategoriemi i koly, i když s klesajícím procentuálním zastoupením na úkor jiných podoborů fyziky. Je tedy nutné jí při přípravě nadaných žáků věnovat náležitou pozornost, aby případný neúspěch neodradil zájemce od studia fyziky hned v počátcích. Z časového vývoje je evidentní, že zapojení žáků a studentů do soutěže se snižuje, a navíc jsou méně úspěšní. Tento trend by bylo potřeba důslednou a pokud možno atraktivní přípravou zvrátit, chceme-li v budoucnu mít dostatek kvalitních odborníků na fyziku.

Seznam zdrojů

[1] *FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA: Organizační řád FO* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: http://fyzikalniolympiada.cz/dokumenty/organizacni-rad-fo.pdf

[2] *FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA: Co je Fyzikální olympiáda* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: http://fyzikalniolympiada.cz/co-je-fo

[3] *ASTRONOMICKÁ OLYMPIÁDA: Co je Astronomická olympiáda* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://olympiada.astro.cz/co_je_ao.html

[4] *FYKOS: Co je to FYKOS* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://fykos.cz/o-nas/co-je-fykos

[5] *VÝFUK: Kdo jsme a co děláme aneb krátká historie Výfuku* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://vyfuk.mff.cuni.cz/o_vyfuku/historie

[6] HOLUBOVÁ, Renata. *Fermiho úlohy* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2011/prispevky/005-holubova-prispevek.pdf

[7] *FYZIKLÁNÍ: O čem je fyziklání* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://fyziklani.cz/o-soutezi

[8] *FYZIKLÁNÍ: Jak soutěž vznikla?* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://fyziklani.cz/history

[9] PANOŠ, Stanislav. *Pravidla soutěže Turnaj mladých fyziků* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://tmf.fzu.cz/34/pdf/pravidla.pdf

[10] BEDNAŘÍK, Milan a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2009. ISBN 978-80-7196-382-0.

[11] CHRÁSKA, Miroslav. *Didaktické testy: příručka pro učitele a studenty učitelství*. Edice pedagogické literatury. Brno: Paido, 1999. ISBN 80-85931-68-0.

[12] CALDA, Emil a DUPAČ, Václav. *Matematika pro gymnázia*. 5. vydání. Učebnice pro střední školy (Prometheus). Praha: Prometheus, 2008. ISBN 978-80-7196-365-3.

[13] *FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA: Archiv zadání a řešení* [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: http://fyzikalniolympiada.cz/archiv/zadani-a-reseni

[14] JÍRŮ, J. Poloha člunu. In: *FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA: Archiv zadání a řešení* [online]. [cit. 2023-06-27]. Dostupné z: http://fyzikalniolympiada.cz/archiv/62/fo62d2_z.pdf