

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Jarmila Kubečková

Tvorba didaktického testu z učiva mechaniky na gymnáziu

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: Prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc.

Studijní program: Učitelství fyziky a matematiky pro střední školy

2009

Děkuji zejména Prof. RNDr. Emanuelu Svobodovi, CSc. za odbornou pomoc a cenné rady, které mi poskytoval v průběhu tvorby i ověřování testů i při zpracování diplomové práce.

Poděkování patří také učitelům fyziky mladoboleslavských gymnázií Mgr. Bohumilu Klosovi, Mgr. Haně Holubářové a Mgr. Pavle Sirotkové za to, že mi umožnili zadat testy ve třídách 1. ročníku (kvinty) a zúčastnit se několika vyučovacích hodin a že se podělili o zkušenosti s výukou tematického celku.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne 31. července 2009

Jarmila Kubečková

Název: Tvorba didaktického testu z učiva mechaniky na gymnáziu

Autor: Jarmila Kubečková

Vedoucí: Prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc.

e-mail vedoucího: emanuel.svoboda@mff.cuni.cz

Abstrakt: Diplomová práce je zaměřena na tvorbu didaktického testu ověřujícího znalosti a dovednosti studentů středních škol z učiva mechaniky. Test je sestaven pro jednu vybranou kapitolu – Mechanika tuhého tělesa. Test je vytvořen ve dvou variantách shodné obtížnosti. Test byl ověřován na studentech dvou mladoboleslavských gymnázií: v kvintách Osmiletého gymnázia a v prvních ročnících čtyřletého studia a v kvintě osmiletého studia gymnázia Dr. Josefa Pekaře. Součástí práce je přehled základní teorie tvorby a zpracování didaktických testů a vývoje didaktického testování ve světě i u nás.

Klíčová slova: didaktický test, mechanika tuhého tělesa, tvorba a zpracování testu.

Title: Design of a didactic test of secondary school mechanics

Author: Jarmila Kubečková

Supervisor: Prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc.

Supervisor's e-mail: emanuel.svoboda@mff.cuni.cz

Abstract: Diploma thesis is focused on design of a didactic test verifying knowledge and skills of secondary school students in the field of mechanics. The test is prepared for one selected topic, solid body mechanics. Two equally difficult alternatives were prepared. Verification of the test took place on students of two secondary schools in Mladá Boleslav: fifth year of eight-year programmes and first year of four-year programmes (16 year old students in both cases). The thesis also contains overview of the theory of didactic tests design and processing and the development of didactic testing both worldwide and in Czech Republic.

Keywords: didactic test, solid body mechanics, design and processing of a test.

Obsah

Úvod	5
1. Didaktické testy ve světě a u nás, stav testování učiva mechaniky na stř. školách	7
1.1 Historie testování	8
1.2 Současné testování přírodovědných znalostí ve světě a u nás	9
1.3 Výsledky českých žáků a studentů v mezinárodních testech přírodovědných znalostí	11
1.4 Testy z fyziky u nás	12
2. Didaktický test	14
2.1 Druhy didaktických testů	14
2.2 Standardizované didaktické testy	15
2.3 Typy testových položek	16
2.4 Realizace didaktického testu	18
2.4.1 Plánování testu	18
2.4.2 Konstrukce didaktického testu	18
2.4.3 Postup při zadávání testu	19
2.4.4 Ověření vlastností testu	19
3. Didaktická analýza současného učiva mechaniky na gymnáziu	23
3.1 Struktura učiva mechaniky v 1. ročníku gymnázia	23
3.2 Tematický celek Mechanika tuhého tělesa v učivu fyziky na gymnáziu	24
3.3 Analýza tematického celku	24
3.4 Zpracování tematického celku v současných učebnicích fyziky pro střední školy	26
3.4.1 Pohyb tuhého tělesa	26
3.4.2 Moment síly vzhledem k pevné ose otáčení	26
3.4.3 Skládání a rozklad sil působících na tuhé těleso, dvojice sil	26
3.4.4 Pojem těžiště tělesa	27
3.4.5 Rovnovážné polohy a pojem stabilita tělesa	27
3.4.6 Kinetická energie tuhého tělesa	27
3.4.7 Další témata	28
3.5 Test	28
4. Tvorba testu, jeho ověření a zpracování výsledků	29
4.1 Základní informace o zadávání testu	29
4.2 Specifické cíle a formulace jednotlivých položek testu	30
4.3 Testová příručka	31
4.4 Vzorové řešení a bodování	31
4.5 Zpracování výsledků testu	32
4.6 Položková analýza výsledků testu	33
4.6.1 Obtížnost, citlivost a reliabilita	33
4.6.2 Analýza nesprávných odpovědí	36
4.6.3 Porovnání výsledků testu	37
4.6.4 Shrnutí analýzy – východiska pro optimalizaci testu	38
4.6.5 Návrh klasifikace	39
5. Závěr	41
6. Přílohy	42
6.1 Zadání testu	42
6.2 Vzorová řešení testu	49
6.3 Podrobné výsledky	56
Literatura	70

Úvod

Jednou z nezbytných podmínek efektivnosti vzdělávacího procesu je existence zpětné vazby mezi vyučujícím (a jeho prostředky výuky) a žákem (jeho odezvou na učitelovo působení).

Fungování této zpětné vazby mají zajistit zejména různé druhy zkoušek. Cíle zkoušení jsou jasné: zjistit stupeň a kvalitu osvojení poznatků, vytvoření dovedností a rozvoj myšlenkových postupů pro zvolený celek učiva (a poskytnout tak zpětnovazební informaci). Formy zkoušky mohou být různé a prošly ve vzdělávacích systémech na celém světě dlouhým vývojem.

V 21. století, v době, kdy vývoj informačních technologií vede k požadavku získávat ve všech oblastech rychle – a pokud možno jednoduše – exaktní a objektivní informace, je citelný i tlak na vývoj způsobů měření výsledků vzdělávání.

Diagnostický i formativní význam tradiční formy – ústního zkoušení – je neoddiskutovatelný: možnost individuálního přístupu, rozvoj vyjadřovacích schopností žáka, přímé sledování jeho myšlenkových postupů učitelem, bezprostřední hodnocení. Forma písemného testu se přesto stává stále populárnější. Důvodů je celá řada:

- objektivizuje zadávání i hodnocení zkoušky;
- odstraňuje stres z vystupování žáka před třídou;
- eliminuje vliv osobních vztahů mezi učitelem a žákem, případně momentální nálady;
- je časově úspornější než ústní zkouška;
- dá se připravit tak, aby jeho vyhodnocení bylo jednoduché (zadávat i zpracovávat se dá i počítačově);
- může se použít i jako autotest (i při samostudiu je existence zpětné vazby nezbytná).

Ne každá písemná zkouška těchto vlastností má však parametry dobrého didaktického testu.

Každý student absolvuje – zejména na střední škole – řadu forem prověřování zvládnutí učiva. Už na gymnáziu mne napadlo, jakou výhodou by bylo pro učitele fyziky mít baterie kvalitních, standardizovaných didaktických testů pro jednotlivé celky učiva.

Cílem mé práce je vytvořit (na základě didaktické analýzy učiva a Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia) didaktický test pro jeden celek z učiva mechaniky v gymnaziální fyzice a ověřit jej. Zvolený celek je Mechanika tuhého tělesa v učivu fyziky v 1. ročníku (kvintě) gymnázia. Na základě výsledků testu chci také zjistit nejčastější chyby žáků.

Ke splnění cíle jsem zvolila tyto **metody**:

- studium literatury o didaktických testech (viz seznam literatury a kapitoly 1 a 2);

-
- studium učebnic fyziky pro střední školy a literatury o didaktické analýze učiva (viz seznam literatury a kapitola 3);
 - sestavení didaktického testu k tematickému celku Mechanika tuhého tělesa v učivu fyziky na gymnáziu;
 - výzkum: zadání testu v pěti třídách (1. ročník čtyřletého studia a kvinta osmiletého) dvou mladoboleslavských gymnázií;
 - zpracování výsledků testu (kapitola 4).

Didaktickou analýzu učiva jsem provedla po prostudování příslušného celku v učebnicích [1] a [2] současně používaných na středních školách a Přehledu [3], se kterým studenti gymnázií pracují jako s doporučenou literaturou a také po náslechu několika vyučovacích hodin v třídách 1. ročníku a kvinty dvou mladoboleslavských gymnázií. Test jsem zadávala ve dvou třídách kvinty Osmiletého gymnázia a v kvintě a třech třídách 1. ročníku Gymnázia Dr. Josefa Pekaře v Mladé Boleslavi. Výsledky jsou zpracovány a vyhodnoceny v kapitole 4.

1. Didaktické testy ve světě a u nás, stav testování učiva mechaniky na stř. školách

Pojem „test“ etymologicky vychází z latinského *testor, testri* (dokazovat, dosvědčovat). Název se ujal v anglosaské terminologii pro zkoušku obecně. V psychologii a pedagogice je uváděna např. definice Z. Bujase (viz [6]):

Testem rozumíme standardizovaný postup, kterým je vyvolána určitá aktivita, jejíž výsledek se pak měří a hodnotí tak, že se individuální výsledek srovnává s výsledky dosaženými u jiných jedinců v téže situaci.

Definice podle [8]:

Didaktický test je vyzkoušený (ověřený) soubor opakovaně použitelných úloh z učiva tak, aby z průběhu a výsledků měření bylo možné objektivně zjistit stupeň a kvalitu osvojených vědomostí, získaných dovedností a rozvoje myšlenkových schopností žáků.

Definice podle [13]:

Didaktický test je nástroj k objektivnímu měření výsledků vzdělávání v předem vymezené konkrétní oblasti.

1.1 Historie testování

Snaha vytvořit objektivní zkoušky znalostí, dovedností, schopností nebo osobnostních vlastností má ve vývoji psychologie a pedagogiky ve světě dlouhou historii.

Už v roce 1599 stanoví jezuitský řád cosi jako první klasifikační stupnici. V roce 1854 se na našich gymnáziích zavádí klasifikační řád pro maturitní zkoušky na gymnáziích, který měl představovat určitou standardizaci hodnocení.

V roce 1864 vycházejí v Anglii (G. Fischer, Greenwich) Sbírkky stupnic (Scale books), navrhuující stupně hodnocení studentů podle procenta úspěšnosti řešení úkolů. Od konce 19. století se zejména v USA vyvíjejí systémy testových zkoušek. Jsou vydávána díla zaměřená na didaktické testování např.:

1894 J. M. Rice: Standardizace pravopisných prověrek

1904 E. L. Thorndike: První systematická práce o testech

1908 Stone: První didaktický test v pravém slova smyslu.

Období do 30. let 20. století je ve znamení zavádění metody testů do všech oborů psychologie a pedagogiky nejen v USA, ale i v Evropě. Rozšiřuje se používání IQ testů ve školách, vznikají různé testy schopností i didaktické testy, vyvíjejí se metody exaktního zpracování výsledků. Např. ve Francii (Henri Pieron) vzniká docimologie – obor experimentální pedagogiky vycházející ze systému exaktně měřitelných výsledků.

Koncem 30. let je význam testů přehodnocen a podroben kritice. V USA je v předválečném období konstatováno podle [5]: nekritické používání testů způsobilo deformaci amerického školství (cíle a metody výuky jsou často přizpůsobovány testům, učitel je degradován na testátora, ve vyučování je věnována pozornost jen tomu, co lze měřit testy). V bývalém Sovětském svazu je dokonce v roce 1936 používání inteligenčních a schopnostních testů zakázáno jako diskriminující (a podobně jako kybernetika prohlášeno za ideologickou diverzi).

Další rozmach vývoje psychologických, pedagogických a didaktických testů nastává ve světě až v poválečném období. V USA byla v roce 1947 založena instituce pro přípravu a vydávání testů všeho druhu – Educational testing service. Autoři publikací o testech (Cronbach, Guilford, Ross, Nunnally) se zabývají psychologickou a pedagogickou diagnostikou na základě behavioristické teorie. Metoda didaktického testu jako prostředku pedagogické diagnostiky i jako prostředku hodnocení žáka je postupně přijata jak v evropském školství, tak jinde ve světě. U nás ještě v 50. letech přetrvává kritický přístup k testům (V. Příhoda: „Zkoušky zaviňují uniformitu práce a tempa a škodí dobrým i špatným studentům, jsou rušivým vnějším činitelem ve výuce, . . .“, O. Chlup: „Testy omezují výchovné působení, způsobují štvání se za body, vedou k nezdravé diferenciaci žáků.“)[5], [6], [25].

V 60. letech dochází i ve východní Evropě k revizi postojů ke kybernetice a sociologii, testy se stávají běžnou součástí nejen lékařství a psychologického poradenství, ale také v pedagogickém výzkumu a ve školské praxi (Váňa: Místo testů v socialistické pedagogice). U nás vznikají kromě sociometrických a psychologických testů také didaktické testy v různých vyučovacích předmětech. Jsou překládány a vydávány i publikace o konstrukci a zpracování testů, např. [4], [5], [6]. V roce 1965 je v Bratislavě založen podnik Psy-

chodiagnostické a didaktické testy. Zejména v 80. a 90. letech se s rostoucím významem využití počítačů a později internetu ve vyučování vytvářejí podmínky pro snazší tvorbu, zpracování i standardizaci testů všeho druhu a také pro spolupráci autorů testů.

Kromě kvalitních standardizovaných testů můžeme u komerčních producentů i soukromých osob publikujících na internetu najít i spoustu návrhů zkoušek, které nesplňují parametry dobrého didaktického testu.

Vývoj mezinárodních vztahů v Evropě i ve světě v 90. letech, nutnost spolupráce i v oblasti vzdělávání, vedly k potřebě mezinárodních standardů výsledků vzdělávání. V roce 1991 se Československá republika stala členem IEA (International Association for Evaluation of Educational Achievement) a od roku 1996 se Česká republika podílí i na mezinárodním výzkumu OECD/PISA. Výzkumy prováděné těmito mezinárodními organizacemi se zaměřují na monitorování výstupů vzdělávacích systémů členských zemí. Používají se k tomu cyklicky zadávané standardizované testy zaměřené na nejdůležitější vědomosti a dovednosti potřebné pro život a další vzdělání. Testováno je v každé z 32 zúčastněných zemí reprezentativní vzorek (5000–10000) žáků téhož věku (15 let). O obsahu a výsledcích testu OECD/PISA viz podkapitola 1.2.

Dalším z projektů Mezinárodní asociace pro hodnocení výsledků vzdělávání IEA je mezinárodní výzkum TIMSS. TIMSS je zaměřen na školní znalosti a dovednosti rozvíjené výukou. Obsahuje učební osnovy matematiky a přírodovědných předmětů zúčastněných zemí.

1.2 Současné testování přírodovědných znalostí ve světě a u nás

V únoru 2004 byl MŠMT schválen dokument „Rámcový projekt monitorování a hodnocení vzdělávání“ ([34]), který zdůvodňuje nutnost komplexního systému evaluace ve vzdělávací soustavě. Požadavek průběžné evaluace na úrovni žáka předpokládá, mimo jiné, vytvoření souborů testů a autotestů, které budou k dispozici učitelům, inspekčním orgánům, nebo také žákům a jejich rodičům (podle určení). Evaluace na úrovni školy, popř. celého vzdělávacího systému, pak předpokládá zapojení do národních nebo mezinárodních průzkumů.

IEA. Pokusy srovnávat výstupy vzdělávacích systémů různých zemí se objevují od poloviny 20. století. Největší tradici v organizaci těchto výzkumů má Mezinárodní asociace pro hodnocení výsledků ve vzdělávání (IEA), která vznikla v 50. letech v Nizozemsku a do jejích aktivit se zapojuje více než 60 zemí celého světa. Výzkumy IEA sestavují testy na základě analýzy učebních osnov jednotlivých zemí, a tedy vlastně hodnotí zvládnutí konkrétního učiva.

PISA. V 90. letech vznikl záměr pedagogických odborníků členských zemí OECD organizovat vlastní výzkum, zjišťující úroveň různých ukazatelů vzdělávacích systémů člen-

ských a přidružených států Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj. Zástupci odborníků koncipovali výzkumný projekt PISA (Programme for International Student Assessment), jehož cílem je zjišťování úrovně vědomostí a dovedností potřebných pro život v moderní společnosti a další vzdělávání. Testy PISA tedy nezjišťují konkrétní vědomosti a dovednosti předepsané osnovami, ale vybavenost absolventa základní školní docházky pro život.

Výzkum PISA měří úroveň čtenářské, matematické a přírodovědné gramotnosti patnáctiletých letých žáků. Projekt spočívá v cyklickém zadávání souborů testů, měřících uvedené „gramotnosti“ jedenkrát za tři roky v reprezentativním vzorku cílové populace ve všech zemích zapojených do projektu. Výsledky jsou pak detailně vyhodnoceny a dány k dispozici odborníkům i veřejnosti. První výzkumy proběhly v letech 2000 (nejvíce se zaměřil na čtenářskou gramotnost), 2003 (zaměření nejvíce na matematickou gramotnost) a 2006 (zaměření na přírodovědnou gramotnost). Podrobný rozbor výsledků jednotlivých zemí i mezinárodní srovnání uveřejňuje Ústav pro informace ve vzdělávání v podobě detailních zpráv na webových stránkách.

Zkoumání přírodovědné gramotnosti. Přírodovědná gramotnost je tvůrci výzkumného programu definována jako schopnost využívat přírodovědné vědomosti, klást otázky a na základě důkazů vyvozovat závěry, které vedou k porozumění přírodnímu prostředí a vlivu lidské činnosti na toto prostředí. Výzkum se zaměřil na nejdůležitější postupy:

- rozpoznání otázek, které je možno zodpovědět pomocí vědeckého zkoumání;
- určení důkazů nezbytných pro vyvození určitého závěru;
- vyvozování závěrů z předložených poznatků nebo jejich posouzení;
- srozumitelná formulace závěrů;
- prokázání porozumění přírodovědným pojmům a poznatkům.

Testové úlohy se zaměřují na situace každodenního života – podle oblasti aplikace jsou členěny na:

- Země a životní prostředí;
- Život a zdraví;
- Technika.

Úlohy nemají charakter izolovaných testových otázek nebo příkladů, ale obsahují úvodní text, obrázek nebo graf, za nímž je řada otázek, které se k němu vztahují. Otázky jsou buď s výběrem odpovědi (1 správná ze 4–5 nabídnutých) s tvorbou stručné jednoznačné odpovědi (uzavřené) nebo s tvorbou obsáhlejší odpovědi (otevřené).

1.3 Výsledky českých žáků a studentů v mezinárodních testech přírodovědných znalostí

Od 90. let se ČR zapojuje do všech významných mezinárodních projektů, zkoumajících úroveň vzdělávacího systému zúčastněných zemí celého světa. Zajímaly mne především výsledky našich žáků a studentů v přírodovědných testech. V rámci systémového projektu Kvalita (ESR) jsou od roku 2005 soustavně monitorovány a hodnoceny výsledky vzdělávání na úrovni žáka, školy i vzdělávacího systému. Výsledky výzkumů lze nalézt ve zprávách z jednotlivých šetření.

TIMSS. (Trends in International Mathematics and Science Study) V letech 1994–95 proběhl v rámci IEA průzkum úrovně přírodovědné vzdělanosti. Zúčastnilo se jej 43 států celého světa a zaměřil se na vědomosti i praktické dovednosti žáků 4. a 8. tříd v přírodovědných předmětech. Naši žáci 8. tříd se umístili celkově 2. na světě, ale v praktických dovednostech byli pouze průměrní. V roce 1999 byli naši žáci v podobně orientovaném testu na 7. místě.

Další průzkum byl proveden v roce 2007 a publikován v roce 2008 ([35]). Byl zaměřen na populaci devítiletých a třináctiletých žáků (v ČR žáků čtvrtých a osmých tříd ZŠ a odpovídajícího ročníku víceletých gymnázií). V České republice bylo testováno přes 9 000 žáků.

Cílem průzkumu bylo zjistit úroveň znalostí (obsah) a dovedností při jejich používání (operace) v matematice a přírodních vědách. Zatímco v matematice byl konstatován velký propad našich žáků v mezinárodním srovnání, v přírodních vědách si navzdory poklesu výsledků naši žáci udrželi sedmé místo v pořadí 49 zemí.

OECD/PISA. Testy PISA, jejichž podstatnou složkou byl průzkum přírodovědné gramotnosti, proběhly v letech 2000, 2003 a 2006. V roce 2003 byly celkové výsledky českých žáků v přírodovědné gramotnosti nad průměrem zemí OECD. Statisticky významně lepší byli jen Finové a Japonci, ale v řešení problémových úloh má lepší skóre 8 zemí. Oproti roku 2000 vzrostl rozdíl mezi dobrými a slabými žáky, ale i mezi výsledky dívek a chlapců. Žáci gymnázií a SOŠ s maturitou jsou v OECD nadprůměrní, žáci ZŠ a další patnáctiletí podprůměrní (viz zpráva [P]).

V roce 2006 se do výzkumu PISA zapojilo v České republice 245 škol, celkem 9016 žáků ZŠ, 1. ročníku SŠ a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Kromě samotného přírodovědného testu vyplňovali žáci také dotazník, zkoumající jejich postoje k přírodním vědám a průběh výuky. V přírodovědném testu dopadli naši žáci nadprůměrně, ve srovnání se stejně starými žáky z 57 zemí celého světa mělo jen 9 zemí statisticky významně lepší výsledky. Výzkum ukázal, že čeští žáci mají osvojeno velké množství přírodovědných poznatků a teorií, problémy jim však dělá samostatné uvažování a znalosti postupů a metod využívaných v přírodních vědách.

1.4 Testy z fyziky u nás

Od 90. let je k dispozici poměrně široká nabídka testů. Ne všechny jsou kvalitní didaktické testy v pravém smyslu tohoto pojmu. Komerčně distribuovány jsou jak dobré, standardizované testy, konstruované odborníky v didaktice fyziky, tak publikace, vydávané účelově (příprava k přijímacím zkouškám z fyziky na různé fakulty vysokých škol). Na internetu dokonce i „testy“ mající charakter spíše zábavných kvízů. Několik publikací uvádím v seznamu literatury: [14], [20], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33].

Perspektiva. Podle dokumentů MŠMT a CERMAT směřuje české střední školství k nové podobě procesů evaluace a autoevaluace na všech úrovních vzdělávacího systému ([24]).

Cílem je připravit nástroje pro hodnocení výsledků vzdělávání, které budou využívat jak základní, tak střední školy. Budou mít formu didaktických testů, které budou vycházet z Rámcových vzdělávacích programů. Jedním z nejdůležitějších projektů je Státní maturita, dlouho diskutovaný a odkládaný standardizovaný způsob ukončení středoškolského studia. Společná (státně standardizovaná) část maturitní zkoušky bude mít od školního roku 2009–2010 podobu didaktického testu.

Znalosti a dovednosti, které jsou obsahem požadavků Katalogu požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky ([12]), lze rozdělit do tří kategorií:

- *Znalost s porozuměním.* Žák dovede vysvětlit fyzikální poznatek, analyzovat fyzikální data a rozpoznat jejich příčiny, porovnat a uspořádat je podle určitého kritéria, slovně i matematickým vzorcem formulovat vztahy mezi nimi, vysvětlit význam fyzikálních konstant.
- *Aplikace znalostí a řešení problémů.* Žák dokáže řešit různými metodami přiměřeně obtížné fyzikální úkoly a problémy s nimiž, se setká v běžném životě a v technické praxi, umí odhadnout výsledek řešení úlohy, umí vysvětlit praktický význam poznatku, fyzikální princip různých zařízení, dovede vytvořit fyzikální model reálné situace, rozpoznat meze jeho platnosti a užít jej pro řešení praktického problému, předvídat průběh děje ze znalosti zákonitostí, provést důkaz fyzikálního tvrzení.
- *Práce s informacemi.* Žák je schopen z popisu fyzikálního děje vyvodit a formulovat závěry, vysvětlující jev, navrhnout experiment k demonstraci určitého jevu nebo ověření hypotézy, vyhodnotit měření a interpretovat jeho výsledky, sestavit graf z naměřených hodnot, orientovat se v daném grafu, vysvětlit schéma zařízení a jeho funkci, zakreslit reálné zařízení, měřit základními měřidly (posuvné měřidlo, mikrometr, teploměr, stopky, elektrické měřicí přístroje, ...)

Konkrétně v celku Mechanika tuhého tělesa, který jsem si zvolila pro testování, se jedná o zvládnutí úkolů:

- rozhodnout, je-li pro daný problém vhodný model tuhého tělesa a je-li jeho pohyb otáčivý nebo posuvný;
- vypočítat moment síly vzhledem k pevné ose otáčení;
- rozhodnout podle výsledného momentu, zda síly budou mít otáčivý účinek;
- rozhodnout zda je dané tuhé těleso v rovnovážné poloze;
- skládat (graficky i početně) síly působící na tuhé těleso a předpovědět jejich účinek;

- zjistit výpočtem nebo geometrickou konstrukcí výslednici dvou a více sil působících na konzoly, nosníky, apod.;
- rozkládat danou sílu do dvou směrů;
- určit moment dané dvojice sil;
- využít momentovou větu pro řešení problémů z běžného života a z techniky;
- určit těžiště tělesa výpočtem nebo geometrickou konstrukcí;
- určit kinetickou energii otáčivého pohybu tělesa a celkovou energii valícího se tělesa.

Testové položky testů státní maturity (viz provedené tzv. Maturity nanečisto, které probíhaly na stovkách středních škol, podrobné vyhodnocení každoročně zveřejňuje CERMAT, od roku 2003 školy i žáci dostávají výsledky) mají nejčastěji podobu otázky s volbou odpovědí ze 4–5 nabídnutých nebo tvorbu odpovědi. Podobné typy testových položek jsem také zařadila do konstruovaného testu.

2. Didaktický test

2.1 Druhy didaktických testů

Testy používané v pedagogice mohou být [6]:

didaktické: zjišťující úroveň žakových vědomostí, dovedností a návyků (výsledky osvojené učení);

schopnostní: zjišťují předpoklady k úspěchu v různých činnostech osobností;

osobnosti: zkoumají vlastnosti jednotlivce (postoj k sobě, k jiným, k práci, zájmy, aktivity, emocionální projevy, aj.).

Funkce didaktického testu ve výuce může být v zásadě diagnostická nebo kontrolní, popř. též stimulační a prognostická. Diagnostický význam testu spočívá v tom, že dobře sestavený test poskytne objektivní informace o výsledcích výuky a slouží tak jako zpětná vazba. Kontrolní (klasifikační) význam testu je dán tím, že úspěšnost žáka v testu je jedním z poměrně objektivních podkladů pro klasifikaci, zejména, když není jediným.

Od 60. let minulého století, kdy se začala překládat a vydávat literatura o didaktických testech u nás, volili autoři publikací různá klasifikační hlediska pro třídění didaktických testů, např.

Vrána a Čondl ([6])

- podle toho, co zjišťují;
- podle způsobu zpracování;
- podle účelu;
- podle použití.

M. Michalička ([11])

- podle obsahu (z různých vyuč. předmětů);
- podle specifikace zjišťovaných vědomostí (celkové, speciální);
- podle použití (individuální, skupinové, hromadné);
- podle charakteru měřeného výkonu (optimální, maximální);
- podle procedury (tužka – papír, orální, obrázkové, manipulační, přístrojové);
- podle užití řeči (verbální, nonverbální);
- podle typu úkolů (produkční, doplňovací, výběrové, kombinované);
- podle principu konstrukce (standardizované, nestandardizované).

Mužič ([6])

- podle typu vzdělávací hodnoty (znalost faktů nebo schopnost aplikovat vědomosti);
- podle zkoumaného efektu (úroveň vědomostí nebo rychlost řešení úkolů);
- podle účelu (kontrolní nebo diagnostické);
- podle významu pro testované (zkušební, procvičovací);

- podle způsobu zadání (písemné, ústní);
- podle způsobu řešení (tužka – papír, orální, performační);
- podle dostupnosti (veřejně dostupné, utajené);
- podle počtu řešitelů (individuální, kolektivní);
- podle typu úkolů (reprodukce osvojených znalostí, typ dvojčlenné nebo vícečlenné volby, typ porovnávací a řadicí);
- podle exaktnosti měrných charakteristik a způsobu konstrukce (standardizované, nestandardizované).

Chráška ([7])

- podle povahy činnosti žáka: kognitivní, psychomotorické;
- podle specifčnosti určení, měřeného testem: výsledků výuky, studijních předpokladů;
- podle měřené charakteristiky výkonu: rychlosti, úrovně;
- podle interpretace výkonu: rozlišující (relativní výkon), ověřující (absolutní výkon);
- podle rozsahu: monotematické, souhrnné;
- podle zařazení do výuky: vstupní, průběžné, výstupní
- podle objektivity: objektivně skórovatelné, kvaziobjektivně skórovatelné, subjektivně skórovatelné;
- podle konstrukce a přípravy testu: standardizované, kvazistandardizované, nestandardizované;

2.2 Standardizované didaktické testy

Standardizovaným nazýváme didaktický test splňující jisté požadavky. Obvykle je sestaven na základě dlouhodobé systematické práce odborníků a ověřován pilotáží. Sledujeme zejména tyto parametry:

- objektivní skórovatelnost;
- reliabilita;
- validita;
- citlivost.

Standardizace testu spočívá ve vytvoření standardizovaného výsledku (normy) v cílové populaci, který se získá zadáním a vyhodnocením testu v exaktním způsobem vybraném reprezentativním vzorku cílové populace.

Objektivní skórovatelnost testu spočívá v úplném vyloučení subjektivního vlivu osobnosti zkoušejícího (opravujícího). Kontroluje se výpočtem korelace hodnocení týchž výsledků různými opravujícími (korelační koeficient by měl být téměř 1).

Reliabilita (spolehlivost a přesnost) testu se kontroluje měřením korelace mezi výsledky žáků při opakovaném zadání testu srovnatelné skupině, zadání paralelních verzí, výsledky v různých částech testu (vnitřní homogenita) aj. Za spolehlivý se obvykle považuje test, jehož koeficient reliability je nejméně 80 %.

Validita testu je míra, v níž test skutečně odpovídá zkoumanému jevu. Kritériem validity je shoda obsahu testu s obsahem a cíli výuky. Ke zjištění validity testu je nutná didaktická analýza učiva, pro něž je test konstruován.

Citlivost (senzibilita): test je považován za citlivý, jestliže na základě celkového výsledku testu můžeme žáky diferencovat na žáky „s lepšími vědomostmi“ a na žáky „s horšími vědomostmi“ ([8]).

2.3 Typy testových položek

Testové úlohy (položky) mohou být uzavřené nebo otevřené. *Uzavřené úlohy* vyžadují konkrétní odpověď (odpovědi) nabídnuté žákovi v zadání úlohy, nesprávné odpovědi se nazývají distraktory. U *otevřených úloh* vytváří odpověď žák sám a spektrum správných odpovědí je tudíž širší.

Uzavřené úlohy mohou vyžadovat:

- dvoučlennou volbu (ano – ne);
- násobnou volbu (nabídka alternativ – obvykle 4–5);
- konkrétní odpověď, která plyne z vyhodnocení textu, obrázku, grafu, aj.;
- přiřazení dvojic údajů;
- seřazení údajů v určitém pořadí.

Otevřené úlohy mohou vyžadovat:

- doplnění chybějících pojmů, údajů, obrázků;
- krátkou odpověď slovní, vzorcem nebo číselným výsledkem;
- širší odpověď: hodnocení, zdůvodnění, odvození;
- praktickou činnost (laboratorní práce, práce s tabulkami, daty, ...).

Příklady jednotlivých typů testových položek.

Uzavřené:

a) *Dichotomické:*

Posuďte pravdivost následujících tvrzení, u pravdivých zakroužkujte písmeno:

A: Síla je skalární veličina

B: Jednotkou rychlosti je kilometr

b) *S vícenásobnou volbou*

Z následujících jednotek vyberte jednotku momentu setrvačnosti

a) Nm

b) J

c) kg·m

d) kg·m²

e) žádná z uvedených

c) *Doplňovací*

V polovodiči typu N jsou majoritními nosiči náboje _____ (doplňte)

d) *Přiřazovací*

Veličinám přiřaďte příslušné jednotky

A hmotnost	1) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
B hybnost	2) N
C hustota	3) kg
D síla	4) $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

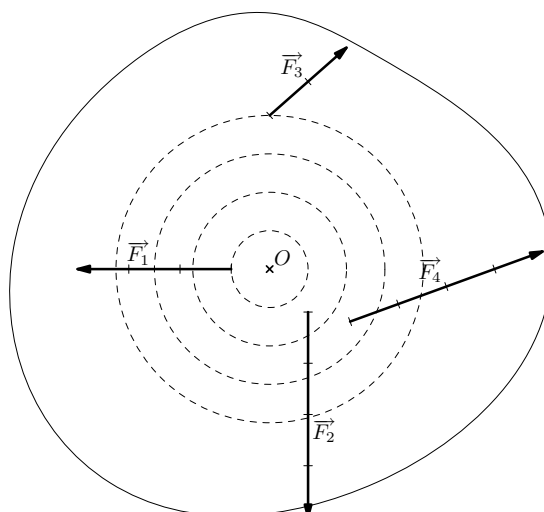
e) *Uspořádací*

Seřaďte sestupně podle velikosti údaje o objemu:

- A) 0.4 hl
- B) 200 l
- C) 150 dl
- D) 0.5 m^3

Otevřené:

- V obrázku vyznačte ramena sil působících na těleso otáčivé kolem pevné osy O



- Formulujte Newtonův zákon akce a reakce.
- Vyjádřete teplo Q , které přijme kapalina hmotnosti m , měrné tepelné kapacity c a teploty t_1 , ohřeje-li se přijatým teplem na teplotu t_2 .
- Načrtněte graf závislosti tlaku na objemu při izotermickém ději s ideálním plynem.
- Vypočítejte kinetickou energii tělesa hmotnosti 1 kg po prvních pěti sekundách volného pádu.
- V tabulkách MFChT vyhledejte údaje potvrzující nebo vyvracející hypotézu, že měrná tepelná kapacita látek je přímo úměrná jejich hustotě.

Pro konstrukci svých testů jsem zvolila otevřené a uzavřené (s vícenásobnou volbou) položky. Zařazení otevřených položek mělo za cíl zjistit, zda žáci správně pochopili význam pojmu *moment síly* a skládání a rozklad sil působících na tuhé těleso a zda umějí použít základní vzorce k řešení úlohy z praxe. Uzavřené položky představovaly volbu ze čtyř nebo pěti možností, aby se snížila pravděpodobnost náhodné správné odpovědi.

2.4 Realizace didaktického testu

2.4.1 Plánování testu

Základními východisky pro konstrukci didaktického testu je přesné stanovení účelu testu, didaktická analýza učiva, které má být obsahem testu, určení výukových cílů a z toho vyplývající specifikace úloh (viz specifikační tabulka), časové zařazení testu do vyučování a délka trvání testu.

2.4.2 Konstrukce didaktického testu

Při konstrukci didaktického testu se řídíme určitými zásadami. Nejčastěji uvažované jsou to zásady (viz [5], [6], [7], [8], [13], [16]).

- Podle navržené specifikační tabulky (a tedy pokud možno vyváženě vzhledem ke struktuře učiva) vytvoříme dvě varianty testu.
- Počet úloh a jejich náročnost necháme předběžně posoudit zkušeným vyučujícím a po pilotním zadání případně korigujeme.
- V případě uzavřených úloh s volbou odpovědi jen výjimečně volíme dichotomické (snadné uhádnutí), zadáme výběr z 4–5 možností.
- Distraktory navrhuje věrohodné.
- Vyhýbáme se učebnicovým formulacím (formalismus).
- Vyloučíme dvojsmyslnost otázek a diskutabilní pojmy.
- Text musí být gramaticky správný a neobsahovat nejasná slova.
- Zadání a uspořádání otázky nesmí sugerovat odpověď.
- Nezařazujeme „chytáky“, těmi bychom testovali pouze pozornost žáka.
- Nejedná-li se o zkoumanou příčinnost, nesestavujeme úlohy tak, aby z řešení jedné úlohy vyplývalo řešení následujících.
- Otázky i nabízené odpovědi formulujeme co nejstručněji (nezkoušíme čtenářskou gramotnost).
- Zařadíme jak položku vybavovací, tak úlohy vyžadující aplikaci poznatků.
- Není-li to v rozporu se specifikací testu, volíme položky různého typu a zařadíme i úlohy vyžadující práci s grafy, obrázky nebo schémata.
- Stanovíme cíle testu: účel testu, využití výsledků, testované učivo a cílovou skupinu
- Na základě vymezených cílů a analýzy učiva, pro něž je test sestavován, vymezíme obsah testu – tj. očekávané znalosti a dovednosti žáka a specifické cíle. Vznikne tzv. specifikační tabulka [13].

Efektivnost a ekonomičnost. Použitelnost testu ve vyučování je dána požadavky: jednoduché použití, snadná a rychlá oprava a časová umístitelnost do vyučovací hodiny. Ekonomicky vhodné jsou testy pro vícenásobné použití (předtištěné zadání).

2.4.3 Postup při zadávání testu

Jak zadávající učitelé, tak testovaní žáci by měli dostat přesné instrukce. Používáme termín *testová příručka*.

Pro učitele by měla obsahovat pokyny o:

- době trvání testu;
- použití dvou variant – obvyklé rozdělení studentů;
- povolených pomůckách – pouze rýsovací potřeby a kalkulačka;
- vyplnění záhlaví;
- čase pro případné dotazy.

Pro žáky by měla příručka obsahovat:

- informace o účelu testu a klasifikačním dopadu;
- informace o povolených pomůckách (pokud jsou povoleny jiné než psací potřeby, je třeba informovat předem);
- instrukce k vyplnění záhlaví i testu;
- instrukce k opravě odpovědí při přehodnocení;
- informace o tom, jak bude posuzováno zaškrtnutí více odpovědí nebo žádné.

Podmínky zadání testu ve třídě by měly splňovat požadavky:

- obvyklé umístění, zabráněno vyrušování zvenčí;
- rozesazení podle variant testu;
- klidný, neosobní přístup učitele;
- zabráněno opisování;
- učitel neznervózňuje žáky chozením po třídě;
- otázky žáků nelze zodpovídat v průběhu čistého času řešení;
- všichni mají stejný čas pro řešení testu.

2.4.4 Ověření vlastností testu

Při ověřování vlastností dobrého didaktického testu jde hlavně o obtížnost úloh, jejich citlivost a o „nenormované“ odpovědi.

Obtížnost

Hodnota obtížnosti je číselně vyjádřena jako podíl počtu w žáků, kteří úlohu vyřešili chybně nebo ji nevyřešili vůbec, a celkového počtu žáků n . Používá se buď index $q = w/n$ nebo doplňkový $p = 1 - q$. Je-li úloha hodnocena více body, vyjadřuje se p jako podíl celkově dosaženého počtu bodů a teoreticky dosažitelného maxima (počet žáků násobený maximálním počtem bodů za úlohu). (Podle [7])

Citlivost

Citlivost (rozlišovací schopnost) úlohy – spočívá v rozlišení úspěšnosti u žáků, kteří dosáhli celkově lepších výsledků a žáků s celkově slabším výsledkem (např. 1/3 nejlepších a 1/3 nejhorsích). Nejjednodušším měřítkem citlivosti je *ULI index* (upper-lower index) zavedený A. P. Johnsonem. Vyjadřuje se jako rozdíl

$$D = p_L - p_H,$$

kde indexy p_L a p_H jsou indexy počítané stejně jako v předchozím odstavci, ale pouze v rámci skupiny lepších a horších studentů. Index může nabývat hodnot z intervalu $[-1, 1]$, přičemž vyšší hodnoty znamenají vyšší citlivost. Nulová hodnota D znamená, že „lepší“ i „horší“ studenti byli stejně úspěšní (nulová citlivost). Záporné hodnoty znamenají, že (celkově) horší studenti byli úspěšnější než (celkově) lepší, což lze považovat za chybu, jejíž příčina se musí zkoumat. (Podle [7])

Nenormované odpovědi

Při hodnocení testových položek je třeba zvážit zařazení úloh, které neřešilo (nebo řešilo chybně) vysoké procento žáků. V případě velmi časté nebo naopak ojedinělé volby distraktoru u úlohy s volbou odpovědi z více nabídnutých zvážit zařazení tohoto distraktoru (není problém ve formulaci otázky nebo nepřiměřené náročnosti vzhledem k úrovni požadavků?).

Určení reliability testu

I v případě, že didaktický test není standardizovaný v pravém smyslu definice, může koeficient reliability vypovídat do jisté míry o věrohodnosti výsledků (a jejich využitelnosti diagnostické nebo kontrolní). U dichotomických testů, kde jsou úlohy bodovány pouze hodnotami 0 a 1, se nejčastěji používá Kuder-Richardsonův koeficient KR20 ([7]):

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum p_i q_i}{\sigma^2} \right),$$

kde K je počet testových položek, p_i podíl žáků, kteří řešili i -tou úlohu správně, $q_i = 1 - p_i$ a σ^2 je rozptyl celkových výsledků žáků v testu.

Řada zdrojů uvádí, že koeficient reliability KR20 je v intervalu $[0, 1]$, ve skutečnosti ale není těžké zkonstruovat příklad, kdy koeficient vyjde záporný (např. test o dvou úlohách se zápornou korelací mezi výsledky úloh). Budou-li ale korelace mezi výsledky jednotlivých úloh nezáporné, koeficient bude také nezáporný.

Jednotlivé zdroje se také liší v tom, zda při výpočtu ve jmenovateli zlomku uvnitř závorky použít jako rozptyl hodnotu

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{nebo} \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Koeficient vyjadřuje míru vnitřní konzistence testu. Ideálního výsledku bychom měli dosáhnout, dosáhnou-li žáci u všech úloh stejného výsledku, tj. každý žák vyřeší buď všechny

úlohy nebo žádnou. Budeme-li předpokládat n žáků a koeficient úspěšnosti p (u všech úloh stejný), dostaneme v prvním případě

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{Kp(1-p)}{K^2p(1-p)} \right) = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{1}{K} \right) = 1,$$

zatímco ve druhém

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{Kp(1-p)}{\frac{n^2}{(n-1)^2} K^2 p(1-p)} \right) = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{(n-1)^2}{Kn^2} \right) > 1.$$

Proto se domnívám, že správná je první varianta.

Nejsou-li úlohy dichotomické, je třeba použít obecnější formuli, *Cronbachův koeficient* α :

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right),$$

kde σ_i^2 je rozptyl výsledků i -té položky. Snadno nahlédneme, že jsou-li úlohy bodovány pouze hodnotami 0 a 1, je rozptyl σ_i^2 roven právě výrazu $p_i q_i$ z prvního vzorce. Cronbachův koeficient α je tedy zobecněním Kuder-Richardsonovy formule i pro nedichotomické úlohy.

Stanovení klasifikačního standardu

Cílem standardizace je vytvoření normy, která umožní objektivně hodnotit každého žáka podle dosaženého počtu bodů vzhledem k zvolenému vzorku populace. Zejména v případě, že respondentů je dostatečný počet – řádově alespoň stovky, vyhodnocuje se zpravidla výkon každého žáka tzv. percentilovým pořadím, které udává, kolik procent žáků zkoumaného vzorku dosáhlo v testu horšího výkonu.

V současné školní praxi již někteří učitelé používají bodového hodnocení, jemuž přiřazují klasifikační stupeň až v závěru klasifikačního období. Většinou však je výstup testu požadován ve formě klasifikačních stupňů. Přiřazení klasifikačních stupňů, tzv. procentuálních ekvivalentů, je do jisté míry subjektivní prvek zpracování testů. Běžně používané je stanovení procentuálního rozmezí úspěšnosti pro jednotlivé klasifikační stupně nebo postup zpravidla vycházející z předpokladu, že četnosti výsledků testu zadaného dostatečně velkém vzorku respondentů budou přibližně odpovídat Gaussovu normálnímu rozdělení. Klasifikační stupnici pak navrhne vyučující, který chce výsledky klasifikačně využít, podle konkrétní situace.

Doporučené škály podle procenta správných odpovědí jsou např. ([7]):

klasifikace	běžná	přísná	velmi přísná
1	91–100	96–100	95–100
2	81–90	88–95	90–94
3	71–80	82–87	85–93
4	61–70	70–81	80–84
5	0–60	0–69	0–79

Posouzení výsledků skupin testovaných žáků

O validitě testu mohou do určité míry vypovídat údaje:

- korelace úspěšnosti řešení jednotlivých úloh v různých skupinách testovaných žáků;
- korelace mezi procentem úspěšnosti v testu a školní klasifikací (tento údaj bude mít větší vypovídací hodnotu, než při použití zvoleného klasifikačního standardu pro test);
- rozdělení četností celkového bodového zisku v jednotlivých třídách.

Finální úprava testu (index p)

Na základě vypočtené obtížnosti a citlivosti (koeficientu ULI) pro všechny úkoly, analýzy nenormovaných odpovědí i celkového rozboru výsledků testu se upravují testové položky tak, aby obtížnost testu, citlivost a obsahová validita odpovídaly cílům zadání.

Využití výsledků testu

Výstupní údaje pořídíme podle cílů zadání testu. Např. pokud jde o nestandardizovaný test, sloužící ke kontrole zvládnutí celku učiva, nebudou pro vyučujícího některé statistické údaje o testu zajímavé, pokud je cílem standardizované ověření úrovně zvládnutí celku v několika vzorcích (např. evaluace na úrovni školy, několika škol, ...), bude výstupem celé statistické zpracování výsledků včetně návrhu klasifikačního standardu a určení všech zajímavých korelací. Tuto teorii tvorby didaktického testu jsem aplikovala na vytvoření testu k celku Mechanika tuhého tělesa pro 1. ročník gymnázia. Podle uvedených zásad jsem vytvořené dvě varianty testu ověřila zadáním v pěti třídách dvou mladoboleslavských gymnázií. Návrh a rozbor testu i zpracování výsledků jeho zadání je obsahem kapitoly 4.

3. Didaktická analýza současného učiva mechaniky na gymnáziu

Pro konstrukci didaktického testu jsem si zvolila tematický celek *Mechanika tuhého tělesa v učivu fyziky 1. ročníku gymnázia*. Didaktickou analýzu učiva provedu v následujících krocích:

- Rozbor struktury učiva mechaniky v 1. ročníku gymnázia, systematické zařazení poznatků zvolené kapitoly do učebních osnov středoškolské fyziky.
- Rozbor tematického celku *Mechanika tuhého tělesa* v učivu fyziky na gymnáziích, kde je rozčlenění celku do kapitol podle učebních osnov (dosavadních resp. podle osnov ŠVP).
- V rozboru se zaměřím na
 - stanovení didaktických cílů výuky;
 - pojmovou strukturu celku;
 - uvedení základních vztahů;
 - plán navozovaných činností žáka;
 - problémové situace využitelné ve výuce.
- Rozbor tematického celku *Mechanika tuhého tělesa* v učebnicích fyziky pro první ročník středních škol
- Vymezení cílů, obsahu a rozsahu didaktického testu k tematickému celku *Mechanika tuhého tělesa*

3.1 Struktura učiva mechaniky v 1. ročníku gymnázia

V učivu fyziky v 1. ročníku gymnázia je mechanika rozčleněna do celků (viz [1], [2]):

- Kinematika a dynamika pohybu hmotného bodu
- Soustava hmotných bodů
- Mechanická práce a mechanická energie
- Gravitační pole
- Mechanika tuhého tělesa
- Mechanika kapalin a plynů

Tematický celek **Mechanika tuhého tělesa** je zařazen za kapitolami zabývajícími se popisem pohybového stavu tělesa typu hmotný bod a soustavami hmotných bodů a různými

nými formami mechanické energie hmotného bodu. Předpokládá se proto znalost pojmů: posuvný pohyb tělesa (hmotného bodu), rychlost, zrychlení, síla působící na těleso, skládání sil působících na hmotný bod, výslednice sil, hybnost tělesa, kinetická a potenciální energie hmotného bodu, mechanická práce, výkon, rovnovážný stav hmotného bodu. Žák by měl znát Newtonovy zákony dynamiky, zákon zachování hybnosti a zákon zachování mechanické energie a umět je aplikovat při popisu pohybů: rovnoměrného přímočarého, rovnoměrně zrychleného, rovnoměrného po kružnici, popř. složených pohybů (vrhy v homogenním tíhovém poli).

3.2 Tematický celek Mechanika tuhého tělesa v učivu fyziky na gymnáziu

Tematický celek Mechanika tuhého tělesa ve středoškolském učivu lze rozčlenit na kapitoly pokrývající obsah [1] a [2] například takto: (přitom vycházím ze dvou současně používaných učebnic)

- a) model tuhého tělesa, pohyby tuhého tělesa, vektorová veličina *moment síly*, momentová věta;
- b) skládání a rozklad sil působících na tuhé těleso, dvojice sil;
- c) těžiště (hmotný střed) tuhého tělesa, rovnováha tuhého tělesa, stabilita;
- d) posuvný a otáčivý pohyb tuhého tělesa, kinetická energie tuhého tělesa, moment setrvačnosti tělesa vzhledem k ose otáčení.
- e) jednoduché stroje.

3.3 Analýza tematického celku

Obecné cíle:

- pochopení fyzikálního modelu tuhé těleso;
- pochopení rozdílů kinematického a dynamického popisu pohybů tuhého tělesa a hmotného bodu;
- pochopení významu vektorové veličiny moment síly pro popis pohybu tuhého tělesa;
- znalost definice pojmů moment síly, těžiště tělesa;
- zvládnutí matematizace reálných situací užitím operací s vektory sil a momentů sil působících na tělesa;
- pochopení podstaty pojmu těžiště (hmotný střed) tělesa a jeho význam pro popis pohybů a rovnovážných stavů těles;

- pochopení významu veličiny moment setrvačnosti tuhého tělesa a souvislosti s energií rotace tuhého tělesa kolem pevné osy;
- schopnost aplikovat vztah pro energii rotujícího tělesa a vysvětlení fyzikálních jevů.

Základní pojmy:

- tuhé těleso;
- síla působící na tuhé těleso;
- dvojice sil působících na tuhé těleso;
- moment síly;
- těžiště (hmotný střed) tuhého tělesa;
- rovnováha tuhého tělesa;
- stabilita polohy tuhého tělesa;
- moment setrvačnosti tuhého tělesa vzhledem k pevné ose otáčení jdoucí těžištěm tělesa;
- kinetická energie pohybujícího se tuhého tělesa (posuvný pohyb, otáčivý pohyb).

Základní vztahy:

- podmínky rovnováhy tuhého tělesa, momentová věta;
- souvislost kinetické energie rotujícího tuhého tělesa s rozložením jeho hmotnosti vzhledem k pevné ose rotace;
- souvislost stability polohy tělesa s potenciální tíhovou energií těžiště tělesa.

Navozované činnosti žáka:

- grafické skládání sil působících na tuhé těleso (cvičení-Laboratorní práce);
- ověřování momentové věty a studium různých typů rovnovážných poloh praktickými experimenty (momentové kotouče, páky);
- praktické experimenty: určení polohy těžiště tuhého tělesa, rovnovážné polohy těles, kinetická energie rotujícího tělesa a její souvislost s momentem setrvačnosti;
- sestavení modelu reálného zařízení fungujícího na principu jednoduchých strojů a referát vysvětlující podstatu zařízení.

Problémové situace (myšlené nebo reálné experimenty):

- posouvání působíště síly působící na tuhé těleso;
- pohyb volného tuhého tělesa vyvolaný působením dvojice sil (tělesa ve stavu beztlíže, vznášející se v kapalině);
- těžiště tělesa ve stavu beztlíže, těžiště mimo těleso, těžiště soustavy těles (sportovní výkony v souvislosti s pohybem těžiště těla sportovce);
- stabilita rovnovážných poloh tuhého tělesa (balanciery, Kolumbovo vejce, ptáček, stoupavý dvojkůžek, plovoucí tuhá tělesa);
- moment setrvačnosti tělesa vzhledem k pevné ose otáčení (plná a dutá tělesa, krasobruslaři a gymnastky, zákon zachování energie rotujících těles)
- principy jednoduchých strojů v praxi.

3.4 Zpracování tematického celku v současných učebnicích fyziky pro střední školy

V této části se budu zabývat jednotlivými kapitolami tematického celku Mechanika tuhého tělesa tak, jak jsou zpracovány v učebnicích [1] a [2] a v Přehledu [3] a připojím komentář (vlastní názor) k obsahu kapitol a jejich zpracování v uvedených zdrojích.

3.4.1 Pohyb tuhého tělesa

Cílem kapitoly je vysvětlit podstatu modelu (absolutně) tuhého tělesa, vysvětlit podstatný rozdíl popisu pohybů tuhého tělesa od kinematiky a dynamiky hmotného bodu (jiného modelu). Domnívám se, že pohyby tuhého tělesa je třeba ilustrovat mnoha konkrétními příklady. Tedy větším počtem, než uvádějí učebnice.

3.4.2 Moment síly vzhledem k pevné ose otáčení

Veličina moment síly vzhledem k pevné ose otáčení se v [1] zavádí jako vektorová míra otáčivých účinků působící síly. Pojem rameno síly a užití tzv. *pravidla pravé ruky* umožňují objasnit význam veličiny i bez (studentům dosud neznámého) pojmu vektorový součin. Ve [2] je definice momentu síly, podle mého názoru, nesprávná. Z formulace plyne, že je moment síly skalár a není tudíž důvod, aby jeho jednotka byl newtonmetr, a ne joule. Pojem rameno síly je vhodné ilustrovat na příkladech konkrétních reálných situací. Žákům by měl být vysvětlen principiální rozdíl mezi jednotkami newtonmetr a joule. Formulace momentové věty je při pochopení významu veličiny moment síly vzhledem k pevné ose už lehce zvládnutelná, ale doporučené experimentální potvrzení je vhodné a nenáročné.

3.4.3 Skládání a rozklad sil působících na tuhé těleso, dvojice sil

S grafickým skládáním sil se žáci seznámili už např. v sedmé třídě ZŠ (sekundě). Tam je toto učivo pro mnohé dost náročné a není bez problémů (podle mých zkušeností a zkušeností řady učitelů, se kterými jsem se setkala) ani v 1. ročníku gymnázia (kvintě). Učebnice [1] uvádí na rozdíl od [2] i grafickou metodu skládání sil rovnoběžného směru, využívající stejnolehlosti. Problémy, které jsem při pedagogické praxi zaznamenala:

- posunutí působiště síly ve vektorové přímce síly není totéž, co posunutí působiště obecně;
- využití stejnolehlosti při grafickém skládání rovnoběžných sil (mnohdy mechanicky použitý postup, který je brzy zapomenut);
- poloha působiště výslednice sil v tělese (když skládáním vyjde mimo těleso);

- síla se může rozložit na složky, které jsou obě větší než výslednice (pro žáky nevěrohodné);
- výslednice dvojice sil je nulová, ale výsledný moment dvojice sil nikoli.

3.4.4 Pojem těžiště tělesa

Učebnice zavádějí pojem těžiště jako působiště tíhové síly působící na těleso v homogenním tíhovém poli. [1] nezmiňuje pojem těžnice, [2] a [3] ano. K pochopení pojmu těžiště považuji za vhodné:

- ilustrovat pojem těžiště experimenty doporučenými v [1] i [3], ale i dalšími;
- prodiskutovat otázky: Může být těžiště tuhého tělesa mimo toto těleso? Jak lze toho využít?
- Má těžiště i těleso, které se nachází ve stavu bez tíže? Jak vypadá působení síly na volné těleso ve stavu bez tíže?
- Jaké jsou účinky síly působící na tuhé těleso, které nemá pevnou osu otáčení (např. plovoucí na hladině)?
- Jaký význam má pojem těžiště soustavy několika těles?

3.4.5 Rovnovážné polohy a pojem stabilita tělesa

V [1] a [2] i [3] se rovnovážné polohy ilustrují na konkrétních příkladech; myslím, že pro žáky velmi srozumitelně (*rovnovážné polohy*). Existuje i řada hezkých experimentů k pochopení rovnovážných poloh a stability těles a mnoho příkladů z praxe, např. cirkusových nebo pouťových atrakcí.

3.4.6 Kinetická energie tuhého tělesa

Vysvětlení veličiny moment setrvačnosti tuhého tělesa vzhledem k ose otáčení je v [1] a [3] podáno v odvození vztahu pro kinetickou energii rotujícího tuhého tělesa vzhledem k pevné ose otáčení. V učebnici [2] toto téma není zařazeno. V [3] považuji za cennou poznámku, že takto definovaný moment setrvačnosti je skalární veličina. Postrádám ji v [1]. Pro zvědavé studenty je vhodné i uvedení Steinerovy věty a moment setrvačnosti některých geometricky pravidelných homogenních těles (viz [3]). Učebnice [2] se pojmy moment setrvačnosti a kinetická energie rotujícího tělesa nezabývá. Možná by to (vzhledem k větší orientaci [2] na praxi) bylo vhodné, protože řada zařízení jsou točivé stroje.

3.4.7 Další témata

Naopak za nedostatek [1] považuji nezařazení kapitoly Jednoduché stroje. Domnívám se, že toto téma umožňuje přirozenou praktickou aplikaci poznatků tematického celku. Nedomnívám se, že v podmínkách vysoké úrovně elektroniky a automatizace v 21. století je přežitkem rozumět principu tak běžných zařízení jako jsou kliky, kohoutky, kleště, otváračky, hevery, montážní klíče, aj. Žáci si ale znalosti o jednoduchých strojích ze základní školy (7. třída nebo sekunda gymnázií) v nezbytném rozsahu nepřinášejí, výklad je tam redukován jen na stručné vysvětlení páky a kladky.

Domnívám se, že až do celku Mechanika tuhého tělesa logicky patří téma Smykové tření a valivý odpor, které učebnice [1] zařazuje do celku Dynamika hmotného bodu. Přirozenější je zařazení této kapitoly v Přehledu [3]. (Jaké styčné plochy má hmotný bod s podložkou? Jak se valí hmotný bod?)

3.5 Test

Didaktický test, který je základním cílem mé diplomové práce, jsem koncipovala jako kognitivní monotematický výstupní test, zaměřený na úroveň znalostí a dovedností žáků tematického celku Mechanika tuhého tělesa. Snažila jsem se, aby na základě předcházející analýzy jednotlivé položky testu vyváženě pokrývaly obsah tematického celku tak, jak byl analyzovánv kapitole 3.2.

Z 10 úloh (de facto 12, protože úlohy 3 a 6 mají dvě položky) je 8 otevřených a 4 uzavřených. Podle Niemierkovy taxonomie (viz specifikační tabulka) je většina úloh typu C a D, tj. vyžadují aplikaci vědomostí, dovedností a posouzení situací.

obsah učiva	hodiny		položky		úroveň osvojení			
		%		%	A	B	C	D
tuhé těleso, moment síly působící na t.t., momentová věta	2	20 %	2	20 %	1	–	1	–
skládání a rozklad sil působících na t.t., dvojice sil	3	30 %	3	30 %	–	1	2	–
těžiště tělesa, rovnovážné polohy, stabilita tělesa	2	20 %	2	20 %	–	–	1	1
posuvný a otáčivý pohyb t.t., moment setrvačnosti	1	10 %	2	20 %	–	–	1	1
jednoduché stroje	2	20 %	1	10 %	–	–	1	–

TAB. 3.1. specifikační tabulka

4. Tvorba testu, jeho ověření a zpracování výsledků

Po analýze příslušného učiva, prostudování RVP pro gymnázia a teorie didaktických testů a několika hodinách náslechu vyučování mechaniky jsem sestavila didaktický test k tematickému celku Mechanika tuhého tělesa pro 1. ročník gymnázia.

Vytvořila jsem dvě varianty testu (A a B), které byly zamýšleny jako stejně obtížné a ověřující tytéž cíle. Specifikační tabulka (viz kapitolu 3.5) charakterizuje záměr jednotlivých položek.

4.1 Základní informace o zadávání testu

Test byl koncipován jako kognitivní, monotematický výstupní test, měřící úroveň znalostí a dovedností žáků 1. ročníku (kvinta gymnázia) ve zvoleném tematickém celku Mechanika tuhého tělesa. Test jsem ověřovala v období letního semestru školního roku 2007/2008 ve dvou paralelních kvintách (5.A, 5.B) Osmiletého gymnázia v Mladé Boleslavi a v kvintě (5.O) a ve dvou třídách (1.B, 1.C) Gymnázia Dr. Josefa Pekaře v Mladé Boleslavi. 135 testovaných žáků však nemělo tytéž podmínky. V kvintách Osmiletého gymnázia byl tematický celek probrán podle místních učebních plánů téměř půl roku před testem. Na výsledku se tedy nutně muselo projevit jednak zapomínání a jednak (motivačně) sdělená informace o klasifikačním dopadu zkoušky. Naopak na Pekařově gymnáziu byly testy zadávány (vzápětí po probrání příslušného tematického celku) až těsně před závěrečnou klasifikací a nezbyl už čas pro případné ověření upravené verze testu (optimalizované). Závěry o úpravách a optimalizaci testu jsou proto neověřeným návrhem.

4.2 Specifické cíle a formulace jednotlivých položek testu

Podle analýzy (viz kapitola 3) a RVP pro gymnázia jsem stanovila cíle a očekávané výstupy. Žák je schopen pro zvolený tematický celek (viz RVP):

- určit v konkrétních situacích síly a momenty sil působících na tělesa;
- užít základních vztahů při řešení úlohy o pohybech tuhých těles;
- využívat zákonů zachování důležitých veličin při řešení praktických problémů;
- vysvětlit podstatu pojmů a veličin popisujících kinematiku a dynamiku tuhého tělesa.

Konkrétní specifikaci cílů uvádím v specifikační tabulce (viz kapitola 3). Rozbor konkrétních cílů položek:

- 1: ověřuje znalost důležité fyzikální veličiny,
- 2: zjišťuje, zda žák správně chápe definici vektorové veličiny moment síly a umí graficky vyjádřit pojem „rameno síly“,
- 3: zjišťuje schopnost žáka modelovat grafickým znázorněním reálnou situaci, provést graficky rozklad vektoru na složky daných směrů,
- 4: ověřuje schopnost žáka graficky skládat síly rovnoběžných směrů (význam silového působení na tuhé těleso),
- 5: námět je stejný jako u úlohy 4, ale je vyžadováno posouzení navržených výsledků,
- 6: ověřuje pochopení pojmu těžiště tuhého tělesa požadováním posouzení navržených situací,
- 7: vyžaduje pochopení pojmů stabilita polohy tělesa, typy rovnovážných poloh, potenciální tíhová energie tuhého tělesa,
- 8: nabízí k výběru z pěti vztahů mezi kinetickou energií rotujícího tělesa kolem pevné osy a frekvencí otáčení tohoto tělesa,
- 9: vyžaduje praktickou aplikaci momentové věty k popisu reálné situace,
- 10: kromě vybavení si vztahu pro kinetickou energii rotace tuhého tělesa potřebujeme k řešení úlohy také důležité fyzikální jednotky a vztahy mezi nimi.

Úlohy 5, 6 a 8 jsou typické uzavřené s vícenásobnou volbou, ostatní vyžadují grafickou dovednost, znalost fyzikálního vztahu, výpočet nebo převod jednotek (otevřené).

4.3 Testová příručka

Charakteristika testu

Test byl koncipován jako ověřovací výstupní kognitivní test pro tematický celek Mechanika tuhého tělesa. Odpovídá současnému učebnímu plánu a používaným učebnicím (viz [1], [2] a [3]) na gymnáziích. Varianty testu byly zamýšleny jako srovnatelně obtížné. V každé je 10 úloh, celkem je možné získat maximálně 16 bodů.

Instrukce pro učitele

- rozdělte žáky na dvě skupiny (pokud možno stejně početné);
- požádejte je o vyplnění záhlaví a seznámte je s pokyny pro řešení testu;
- upozorněte, že veškeré dotazy lze zodpovídat pouze před zahájením práce;
- seznámte žáky s povolenými pomůckami (pouze psací potřeby, rýs. potřeby, kalkulačka, testový list);
- seznámte studenty s dobou, určenou pro řešení testu (tj. 40 minut čistého času);
- předem (v předcházející vyučovací hodině) upozorněte studenty na konání testu a sdělte jim, jaký klasifikační dopad pro ně bude výsledek testu mít a co je cílem testování.

Pokyny pro žáky (sdělí zadávající před startem časového limitu):

- vyplňte údaje v záhlaví testu: jméno, třída, poslední známka z fyziky na vysvědčení;
- zapisujte a zakreslujte řešení pouze do testového listu, ne na přiložené papíry;
- přehodnotíte-li svou odpověď, zřetelně štkněte neplatnou a označte platnou;
- úlohy s volbou odpovědi z nabídnutých mají právě jednu správnou odpověď, zaškrtnete-li více odpovědí nebo žádnou, bude to považováno za nesprávné řešení.

4.4 Vzorové řešení a bodování

Vzorová řešení, které jsem vypracovala je následující: Bodování položek:

1. 1 bod za uvedení vzorce i popis veličin
2.
 - a) 1 bod za vyznačení ramen sil
 - b) 1 bod za vyznačení momentů sil
 - c) 1 bod za seřazení momentů sil
3.
 - a) 1 bod za grafické provedení
 - b) 1 bod za grafické provedení
4. 1 bod za grafické určení výslednice
5. 1 bod za správnou volbu obrázku
6.
 - a) 1 bod za správný výběr polohy těžiště

- b) 1 bod za správný výběr polohy těžiště
7.
 1 bod za správný vztah pro práci
 1 bod za správné dosazení do vztahu
8. 1 bod za správnou volbu
9. 1 bod za správné určení obou sil
10.
 1 bod za správný vztah pro práci
 1 bod za dosazení do vztahu

Celkem je tedy možné získat 16 bodů, jak již bylo uvedeno v kapitole 4.3.

4.5 Zpracování výsledků testu

Podrobné tabulky získaných výsledků testu jsou obsaženy v přílohách. V tabulkách uvádím pro každou z testovaných tříd bodové zisky všech žáků z jednotlivých úloh a také jejich pololetní klasifikaci z fyziky. Bylo vhodné (metodicky úsporné) v těchto tabulkách uvést vypočtené hodnoty:

- průměrného bodového zisku \bar{b}
- směrodatné odchytky s_b
- průměr známky z fyziky v testované skupině \bar{z}
- směrodatné odchytky známky z fyziky s_z
- koeficientu korelace mezi známkou z fyziky a výsledkem v testu k_{bz}

V tabulce 4.1 přehledně uvádím tyto hodnoty pro všechny testované skupiny:

skupina	\bar{b}	s_b	\bar{z}	s_z	k_{bz}
5.A OG	6,46	2,98	2,61	0,94	-0,61
5.B OG	5,86	2,10	2,14	0,90	-0,79
5.O GJP	7,21	3,33	1,96	0,61	-0,61
1.B GJP	8,54	2,25	1,96	0,61	-0,74
1.C GJP	6,50	2,21	2,27	0,63	-0,20
Celkem	6,85	2,89	2,20	0,80	-0,57

TAB. 4.2. Korelace výsledků a známek

Na výsledcích je patrný vliv časového zařazení testu (viz výše). Delší časový odstup od výuky celku se projevil nižším průměrným bodovým ziskem u studentů 5.A a 5.B Osmiletého gymnázia.

Koeficient korelace byl očekáván záporný, neboť bodový zisk úspěšných je vysoký, kdežto klasifikace je číselně menší. Nejlepší korelace studijních výsledků a hodnocení testu je u skupiny 5.B OG. Považuji to za dobře zdůvodnitelné: v testu byli úspěšnější než žáci, kteří se krátkodobě „naučí na zkoušení“, ale ti, kteří ke studiu fyziky přistupují se zájmem. I přes vliv zapomínání si tito studenti vybaví víc poznatků. Zkušený pedagog (s více jak čtyřicetiletou praxí) má klasifikaci nastavenou objektivně a studenty Osmiletého gymnázia už hodnotil vícekrát. Korelační koeficient u 1.C GJP odráží skutečnost, že začínající pedagožka měla prozatím jedinou pololetní příležitost třídu klasifikovat.

Klasifikační standard jsem z důvodu uvedených rozdílů podmínek vyučujícím nenavrhl a pouze jsem jim dala k dispozici vzorové řešení a tabulky výsledků. Pokud je mi známo, ve třídách 5.O, 1.B a 1.C byly výsledky (podle škály, kterou si navrhli jednotliví vyučující) klasifikačně využity.

4.6 Položková analýza výsledků testu

4.6.1 Obtížnost, citlivost a reliabilita

Obtížnost úloh. V tabulce 4.3 uvádím bodové zisky žáků v jednotlivých položkách testu 1 až 10, zvláště pro jednotlivé varianty testu ve všech testovaných skupinách. Uvádím hodnotu obtížnosti Q a index obtížnosti P . V položkách s vícebodovým hodnocením je index obtížnosti počítán ze vztahu dosaženého a možného bodového zisku v celé úloze

Celkový koeficient úspěšnosti je v různých variantách poněkud rozdílný: v A je to 45,3 % a v B je to 40,3 %. Na tomto rozdílu měla podstatný podíl zejména odlišná hodnota obtížnosti variant v položkách 4 a 9 jen poněkud kompenzovaná opačným znaménkem rozdílu v položce 6.

Z důvodu nedostatku pedagogických zkušeností jsem očekávala, že se rozdíly v obtížnosti variant mohou objevit. Při úpravě testu bych se soustředila zejména na tyto položky (nahradila úlohy jinými, kde bude eliminován výrazný rozdíl obtížnosti variant).

Celkový rozdíl v úspěšnosti ale není příliš vysoký a lze ho považovat za náhodný. Použijeme-li dvouvýběrový test (např. podle [26], kap. 5.6) k testování hypotézy, že obě varianty mají stejnou střední hodnotu, nelze hypotézu na obvyklé hladině 0.05 zamítnout.

Citlivost úloh. Vzhledem k dost velkému počtu testovaných žáků a skutečnosti, že mým cílem není standardizace v pravém slova smyslu, jsem použila jednoduchý výpočet koeficientu ULI tak, jak je popsán v kapitole 2.4.4.

Tabulka 4.4 umožňuje posoudit obtížnost q a citlivost D jednotlivých úloh v obou variantách testu a celkově.

Třída	5.A		5.B		5.O		1.B		1.C		celkem		P		Q	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
č.	15	13	14	15	12	12	13	11	15	15	69	66				
1	12	7	9	7	6	10	10	10	12	11	49	45	71,0	68,2	29,0	31,8
2	23	10	11	16	22	17	29	28	18	7	103	78	49,8	39,4	50,2	60,6
3	13	7	9	9	11	10	8	10	15	15	56	51	40,6	38,6	59,4	61,4
4	8	0	3	0	9	2	4	2	10	7	34	11	49,3	16,7	50,7	83,3
5	15	7	12	13	12	12	13	10	13	14	65	56	94,2	84,8	5,8	15,2
6	8	21	16	20	6	14	7	16	10	20	47	91	34,1	68,9	65,9	31,1
7	10	8	4	11	6	6	6	10	6	11	32	46	23,2	34,8	76,8	65,2
8	10	2	8	4	10	5	12	1	7	4	47	16	68,1	24,2	31,9	75,8
9	12	2	9	6	7	1	5	2	2	0	35	11	50,7	16,7	49,3	83,3
10	4	2	3	0	3	4	13	9	9	4	32	19	23,2	14,4	76,8	85,6
Σ	115	66	84	86	92	81	107	98	102	93	500	424	45,3	40,2	54,7	59,8

TAB. 4.3. obtížnost úloh po skupinách

varianta A

č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
q	0.29	0.50	0.59	0.51	0.06	0.66	0.77	0.32	0.49	0.77
p_H	0.78	0.76	0.56	0.68	1.00	0.33	0.30	0.81	0.70	0.40
p_L	0.64	0.24	0.25	0.30	0.88	0.35	0.16	0.55	0.32	0.07
D	0.14	0.52	0.30	0.38	0.12	-0.01	0.14	0.26	0.38	0.33

varianta B

č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
q	0.32	0.61	0.61	0.83	0.15	0.31	0.65	0.76	0.83	0.86
p_H	0.81	0.69	0.54	0.25	0.91	0.78	0.47	0.25	0.22	0.26
p_L	0.55	0.10	0.23	0.08	0.79	0.60	0.23	0.24	0.12	0.03
D	0.25	0.59	0.32	0.18	0.12	0.19	0.23	0.01	0.10	0.23

celkem

č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
q	0.30	0.55	0.60	0.67	0.10	0.49	0.71	0.53	0.66	0.81
p_H	0.80	0.73	0.55	0.48	0.96	0.53	0.38	0.56	0.47	0.33
p_L	0.60	0.16	0.24	0.18	0.83	0.50	0.20	0.37	0.21	0.05
D	0.20	0.57	0.31	0.30	0.12	0.03	0.17	0.19	0.26	0.28

TAB. 4.4. obtížnost a citlivost jednotlivých úloh

Z tabulky vyplývá:

- úloha č. 5 není příliš vhodná, protože je příliš snadná (správně ji vyřešilo téměř 90 % žáků);
- vyhovující citlivost mají podle kritéria doporučeného v [7] všechny úlohy s výjimkou č. 6. Její obtížnost (0.49) vyhovuje, ale citlivost (0.03) je příliš nízká. Z tabulky dosažených výsledků je vidět, že ve skupině 5.A tuto úlohu dokonce řešilo správně víc žáků ze skupiny horších (v testu) než ze skupiny lepších (záporná citlivost).

Reliabilita. Protože hodnocení úloh není binární (úloha 2 je hodnocena třemi body, úlohy 3, 6, 7 a 10 dvěma), použila jsem pro určení reliability testu Cronbachův α koeficient. Zároveň bylo třeba před dosažením výsledky „normovat“, tj. místo absolutního počtu bodů počítat s úspěšností (počtem dosažených bodů děleným počtem možných). Rozptyly

výsledků vycházejí

$$\sum_{i=1}^{10} \sigma_i^2 \doteq 1.64, \quad \sigma^2 \doteq 2.80$$

Dosazením do vzorce z kapitoly 2.4.4 vychází

$$\alpha = \frac{10}{9} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{10} \sigma_i^2}{\sigma^2} \right) \doteq 0.46$$

Nižší hodnotu reliability pravděpodobně zavinily úlohy s nižší citlivostí (5 a 6).

4.6.2 Analýza nesprávných odpovědí

Úloha 1. 30 % žáků nezná požadovaný vzorec, výsledek je téměř shodný v obou variantách.

Úloha 2. 43 % žáků nedokázalo vyznačit ramena sil (33 % v A , 48 % v B), 58 % jich neumělo určit velikost momentu sil (50 % v A, 69 % v B), 65 % řešitelů nedokázalo seřadit momenty sil podle velikosti, z nich někteří uměli moment určit (61 % v A, 69 % v B). Protože v této položce rozhodně nebyly varianty A, B reálně rozdílné, a přesto byl výsledek v A měřitelně lepší než v B, soudím, že v souboru 135 testovaných žáků bylo náhodným rozdělením ve skupině A víc ve fyzice úspěšnějších žáků než v B (a tedy rozdílná naměřená obtížnost není výhradně vlastností sestaveného testu).

Úloha 3. Působící síly není schopno graficky znázornit 54 % žáků, shodně v částech a) a b) úlohy. Varianta A má nepatrně větší úspěšnost v 3a), varianta B v 3b).

Úloha 4. Správně ji nevyřešilo 60 % žáků, z toho 49 % v A a 72 % v B, většina se jich o řešení pokusila.

Úloha 5. Tato úloha byla uzavřená, s volbou odpovědi z 5 nabídnutých možností. Chybných odpovědí bylo jen 10 %, a to: ve variantě A 2× odpověď C a 1× D, ve variantě B 5× B, 5× D a 1× E. Vzhledem k tak ojedinělé neúspěšnosti nemá analýza distraktorů smysl.

Úloha 6. Ve variantě A mělo nesprávně volenou odpověď na 6a) 46 % řešitelů, téměř všichni volili odpověď B, pouze dva D. Chybných odpovědí na 6b) bylo 69 %, z nich většina volila distraktor C (30 žáků), A volilo 12 a D 6 řešitelů. Ve variantě B chybovalo v 6a) 24 % žáků, nejčastější chybná odpověď byla A, v 6b) mělo vybráno nesprávně 26 % žáků, téměř všichni volili odpověď C.

Úloha 7. Více než 70 % žáků nevyřešilo úlohu správně (v obou variantách shodný výsledek), téměř 60 % řešitelů (víc ve variantě B) vědělo, která poloha cihly je nejstabilnější, ale plná polovina z nich neuměla určit vykonanou práci.

Úloha 8. Úloha nebyla správně řešena 26 % žáky ve variantě A (volba distraktorů: 8× A, 4× B, 4× E a 1× C) a 74 % žáků ve variantě B (9× A, 21× B, 9× C a 10× E).

Úloha 9. Zde byla podle výsledků obtížnější varianta B (74 % chybně nebo vůbec), přestože grafická podoba úlohy poněkud „napovídá“, zatímco v A jsou znázornění působících sil naopak trochu matoucí (v A chybovalo jen 49 %).

Úloha 10. Úloha byla neřešena nebo řešena úplně špatně z 53 %, dalších 13 % řešitelů uvedlo vzorec pro práci (kinetickou energii rotace), ale neumělo (nestihlo?) do něj dosadit. Výsledně byla úspěšnost této úlohy velmi nízká, nejhorší vůbec.

4.6.3 Porovnání výsledků testu

Porovnání variant. Tabulka a histogramy četností v kapitole 6.3, vytvořené zvláště pro jednotlivé varianty poskytují tyto informace: průměrný bodový zisk ve variantě A (7.23) je o něco lepší než výsledek ve variantě B (6.42). Histogram četností výsledků varianty A přibližně odpovídá normálnímu rozdělení, u varianty B tomu tak není, což je způsobeno větší četností nízkých hodnot v některých skupinách.

Komentář: Nedomnívám se, že rozdílný výsledek variant je zaviněn výhradně (nebo převážně) jejich rozdílnou reálnou obtížností. V bodově nejlepší skupině (1.B) je totiž vztah výsledků variant opačný (A 8.23, B 8.90 – tedy rovněž významně) a skupiny, které zatížily výsledek nejvyššími četnostmi nízkých bodových hodnocení, mají nejlepší korelaci výsledků testu se školní klasifikací – tj. variantu B psalo zjevně víc slabších žáků. Také v analýze výsledků poukazují na rozdílnou úspěšnost variant v úloze, která byla prakticky stejná v obou.

Porovnání tříd. Tabulky výsledků testu pro jednotlivé třídy, doplněné histogramy četností jednotlivých bodových zisků a koeficienty korelace výsledků testu se školní klasifikací v kapitole 6.3 umožňují toto hodnocení:

Třídy 5.A a 5.B Osmiletého gymnázia dosáhly horšího výsledku než všechny tři třídy Pekařova gymnázia. Důvod pro takový výsledek je objektivní: celek *Mechanika tuhého tělesa* byl na Osmiletém gymnáziu probrán již před téměř půlrokem (mnohé zapomenuto) a navíc zde nebyla dostatečná motivace (vyučující nechtěl výsledky v testu klasifikačně použít, protože se jednalo o uzavřenou kapitolu). Souvislost výsledků dosažených v testu a korelace mezi výsledky testu a školní klasifikací vedou k závěru, že studenti úspěšní ve fyzice (ve smyslu školní klasifikace) i po časovém odstupu vyřeší úlohy vyžadující pochopení základních principů.

Ze tří tříd Gymnázia Dr. J. Pekaře v Mladé Boleslavi dosáhla překvapivě nejlepšího výsledku v testu třída čtyřletého gymnázia 1.B (průměrný bodový zisk 8.54), rozdělení četností má zhruba normální průběh. Měřitelně úspěšnější byli řešitelé varianty B. V této skupině 1.B si většina žáků dobře poradila s pojmem moment síly (úloha č.2) a nejvyšší úspěšnost mezi testovanými skupinami předvedli v řešení úlohy č. 10 (energie rotujícího tuhého tělesa). Jistě zde hrála roli i skutečnost, že výsledky testu byly zahrnuty do závěrečné klasifikace, což bylo před testem deklarováno.

Třída 5.O osmiletého studia na Pekařově gymnáziu dosáhla v rámci vzorku jen lehce nadprůměrného výsledku v testu. Rozdělení četností výsledků se výrazně liší od normálního, ale je zcela v souladu s klasifikací v této třídě: skupina výrazně dobrých studentů,

četná skupina podprůměrných a téměř žádní opravdu průměrní. Ve srovnání s ostatními skupinami si tato nejlépe poradila s úlohou 3 (grafické znázornění rozkladu sil). Výrazně neúspěšní byli žáci v použití vztahu pro kinetickou energii rotujícího tuhého tělesa (úloha 10).

Paralelní třídy 1.B a 1.C se ve výsledcích lišily dost markantně (1.B 8.54, 1.C 6.50). Domnívám se, že tento výsledek byl poněkud ovlivněn i tím, že v 1.C byl příslušný celek učiva probrán, ale dosud neprocvičen. Zejména konec tematického celku – energie rotujícího tuhého tělesa a moment setrvačnosti – patrně nebyly zažité (viz výsledky v položkách 8 a 10).

V případě 1.C je překvapivá nízká korelace mezi úspěšností v testu a klasifikací z fyziky. Vysvětluji si ji tak, že začínající učitelka neměla dosud dost příležitostí hodnotit výkon žáků – hodnocení v 1.pololetí 1.ročníku neodráží většinou ještě působení učitele fyziky.

4.6.4 Shrnutí analýzy – východiska pro optimalizaci testu

V poměrně reprezentativním vzorku 135 studentů dvou mladoboleslavských gymnázií jsem ověřovala test k tematickému celku „mechanika tuhého tělesa“. Po analýze výsledků testu jsem dospěla k těmto závěrům:

Pro skutečnou standardizaci je i vzorek o 135 respondentech málo četný.

Jako nedostatečně citlivá se ukázala podle analýzy testových položek úloha 6. Na základě rozboru výsledků soudím, že tato úloha opravdu spíše než znalosti příslušného tematického celku měří intuici a odhad žáka. Je otázka, zda i taková úloha nemá v testu své místo.

Úlohou, která zcela „propadla“ jako příliš snadná, se ukázala úloha 5, která – jako uzavřená – zjišťovala zvládnutí skládání různoběžných sil. Vyřešilo ji správně 90 % respondentů. Ze srovnání s velmi slabou úspěšností úlohy 4 (skládání rovnoběžných sil) vyplývá, že ne obsah, ale volba typu položky je nevhodná.

V upravené variantě testu bych pouze přeformulovala zadání úlohy na otevřenou: *Znázorněte výslednici sil \vec{F}_1 a \vec{F}_2 působící na tuhé těleso (viz obrázek).*

Časové zařazení ověřování testu bylo nevhodné: některé skupiny psaly test po dlouhém časovém odstupu od probrání celku, jiné naopak dříve, než bylo učivo procvičeno, všechny pak v období kolem maturitních zkoušek (mimořádné podmínky na škole). I případná oficiální standardizace testu pro tento tematický celek vzhledem k jeho umístění v časovém plánu asi narazí na podobné problémy.

Jistým zklamáním pro mne byl výsledek úlohy 9, která měla měřit kompetenci: aplikace přírodovědných poznatků v reálném světě. Ještě stále jsou naši studenti úspěšnější v úlohách vyžadujících pamětné osvojení poznatku (srv. s úlohou 1).

4.6.5 Návrh klasifikace

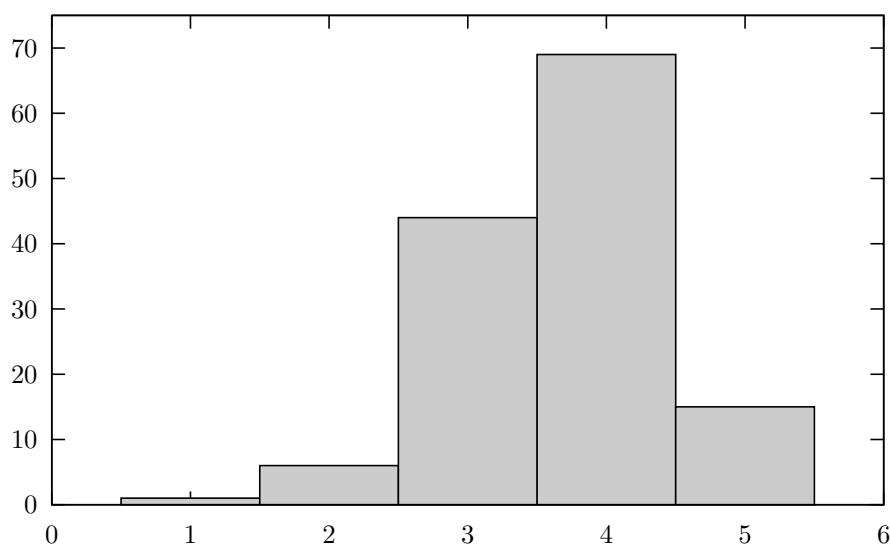
Protože v našich školách není dosud obvyklé hodnotit výsledky žáků pouze bodovým ziskem a je očekávána klasická školní klasifikace známkou, navrhl jsem přiřazení známky v rozsahu od jedné do pěti podle počtu získaných bodů tak, že každé známce odpovídá rozsah procent získaných bodů podle tabulky 4.5

známka	počet bodů	úspěšnost v %
1	15–16	94–100
2	12–14	75–88
3	8–11	50–69
4	4–7	25–44
5	0–3	0–19

TAB. 4.5. návrh klasifikace

Oproti návrhům klasifikační škály uváděným např. v [7] je můj návrh mírnější. Takové rozsahy pro jednotlivé známky jsem volila s ohledem na výsledky poměrně rozsáhlého vzorku žáků.

Přísnější škála by znamenala výraznou odchylku výsledků klasifikace testu od Gaussova rozdělení. Ani při této volbě ale neodpovídá rozdělení známek v testované skupině normálnímu rozdělení, viz histogram 4.6 a tabulku 4.7.



OBR. 4.6. histogram rozdělení známek

Korelace znaků známka z testu a pololetní klasifikace žáka by se patrně výrazně nelišila od korelace pololetní známky a bodového zisku v testu, jen by celkově byly známky z testu horší. Důvody poměrně nízké úspěšnosti žáků v testu uvádím v analýze v kapitole 4.6.3.

známka	5				4				3				2			1	
body	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5.A	0	0	3	1	4	2	4	6	2	4	0	0	0	1	0	1	0
5.B	0	0	0	4	7	3	3	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0
5.O	0	0	1	5	0	2	4	0	1	4	4	0	1	2	0	0	0
1.B	0	0	0	0	1	1	3	2	3	8	3	1	0	1	1	0	0
1.C	0	1	0	0	2	8	4	9	2	0	1	3	0	0	0	0	0
celkem	0	1	4	10	14	16	18	21	11	21	8	4	1	4	1	1	0
známky	15				69				44				6			1	

TAB. 4.7. rozdělení bodů a známek

5. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo vytvořit a ověřit didaktický test zjišťující znalosti a dovednosti žáků prvního ročníku (kvinty) gymnázia z učiva tematického celku Mechanika tuhého tělesa.

V přípravě na splnění vytyčeného úkolu jsem se seznámila s literaturou zabývající se významem, historií a zásadami tvorby a zpracování didaktických testů. Místo testů v pedagogické diagnostice a jejich význam v současném školském systému je téma, kterému by měl věnovat pozornost každý, zejména začínající, učitel.

Analýza tematického celku, na jehož obsah byl test konstruován, byla pro mne také velmi přínosná. Při analýze testových položek, zvláště nesprávných odpovědí, si nezkušený učitel teprve uvědomí didakticky obtížné pojmy a vztahy.

Ověřování testu proběhlo v pěti třídách dvou mladoboleslavských gymnázií. Vůbec se nejednalo o nějaké pokusy srovnávat tato gymnázia nebo jednotlivé vyučující, nýbrž výhradně o pokus o jistou standardizaci (asi spíše kvazistandardizaci) navrženého testu.

Použila jsem zejména metod vysvětlených v publikacích [7], [8] a [5] a současně používaných učebnic [1], [2] a [3] a platných školských dokumentů (RVP pro gymnázia, [12], aj.)

Výsledky testu jsem podrobila statistickému zpracování, pokusila se o jejich analýzu a komentovala výstupní hodnoty.

Nepřeceňuji význam svého snažení, ale domnívám se, že (zejména po navržených drobných úpravách) by test mohl posloužit učitelům k efektivnímu ověření zvládnutí tematického celku jako výstupní zkouška.

6. Přílohy

6.1 Zadání testu

V této příloze uvádím zadání jednotlivých variant didaktického testu z mechaniky tuhého tělesa v podobě, v jaké jej obdrželi testovaní studenti (3 strany formátu A4, zde mírně zmenšeno).

Test z mechaniky tuhého tělesa

A

Jméno: _____ Třída: _____

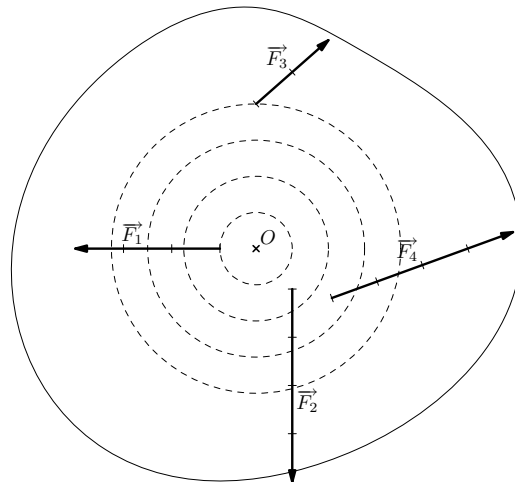
Poslední známka z fyziky na vysvědčení: _____

1. Velikost momentu síly vzhledem k dané ose otáčení je definována vztahem

_____ kde _____

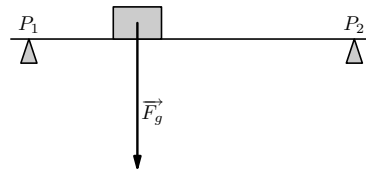
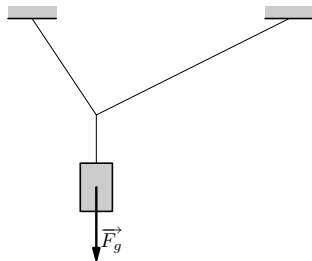
2. Na těleso otáčivé kolem pevné osy procházející bodem O kolmo k nánkresně působí v rovině nánkresny síly \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 , \vec{F}_4 . Řešte tyto dva úkoly:

- Vyznačte do obrázku ramena uvedených sil vzhledem k dané ose otáčení.
- Seřadte odpovídající momenty \vec{M}_1 , \vec{M}_2 , \vec{M}_3 , \vec{M}_4 vzestupně podle jejich velikosti

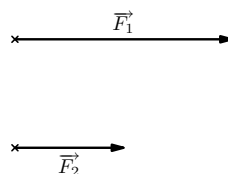


3. Sestrojte síly \vec{F}_1 , \vec{F}_2 působící na

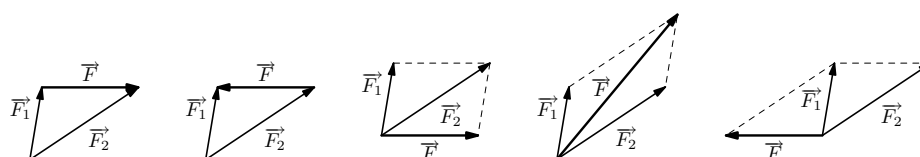
- lana závěsu;
- podpěry P_1 , P_2 nosníku.



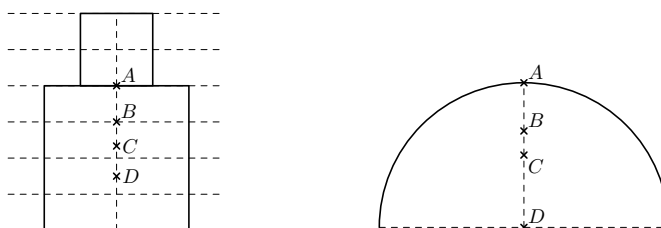
4. Nalezněte graficky velikost F výslednice sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 a polohu působitě výsledné síly \vec{F} .



5. Zakroužkujte obrázek, na kterém je správně zakreslena výslednice \vec{F} sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 .



6. Odhadněte, který z bodů A , B , C , D je těžištěm tělesa, a zakroužkujte jeho popisek, jestliže
 (a) Těleso je tvořeno dvěma slepenými krychlemi z téhož homogenního materiálu tak, že střed podstav je společný (viz obrázek). Délky hran krychlí jsou 4 dm a 2 dm.
 (b) Tělesem je drát z homogenního materiálu ohnutý do tvaru půlkružnice o poloměru 3 dm.

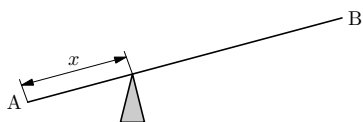


7. Stavební cihla, která má rozměry $14\text{ cm} \times 27\text{ cm} \times 6\text{ cm}$, je z homogenního materiálu a má hmotnost 4,5 kg. Vypočítejte práci potřebnou k převedení cihly z nejstabilnější polohy na vodorovné podložce do nejbližší vratké polohy.

$W =$ _____

8. Setrvačnick se otáčí se stálou frekvencí. Jak se změní kinetická energie tohoto setrvačnicku, vzroste-li frekvence na dvojnásobnou hodnotu? Kinetická energie
- (a) se zdvojnásobí
 - (b) klesne na polovinu
 - (c) vzroste na čtyřnásobek
 - (d) klesne na čtvrtinu
 - (e) se nezmění

9. Adam o hmotnosti 30 kg a Běda o hmotnosti 20 kg si chtějí z prkna délky 6 m udělat houpačku. V jaké vzdálenosti x od místa A , kde bude sedět Adam, je třeba prkno podepřít, aby po usazení chlapců na konce prkna bylo prkno ve vodorovné rovnovážné poloze?



$x =$ _____

10. Vypočtěte práci, kterou musíme vykonat, chceme-li z klidu roztočit válcovou hřídel o momentu setrvačnosti $0,03 \text{ kgm}^2$ (vzhledem k ose rotace) na 300 otáček za minutu.

$W =$ _____

Test z mechaniky tuhého tělesa

B

Jméno: _____ Třída: _____

Poslední známka z fyziky na vysvědčení: _____

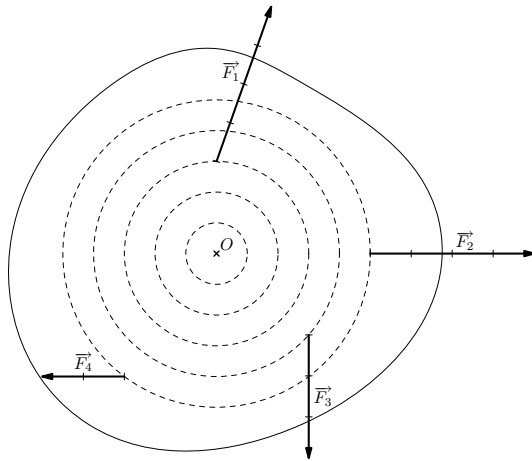
1. Energie tuhého tělesa, jehož moment setrvačnosti vzhledem k ose rotace je J a které rotuje kolem této osy s úhlovou rychlostí ω , je

$$E = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Na těleso otáčivé kolem pevné osy procházející bodem O kolmo k nánkresně působí v rovině nánkresny síly $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$. Řešte tyto dva úkoly:

(a) Vyznačte ramena sil vzhledem k dané ose otáčení.

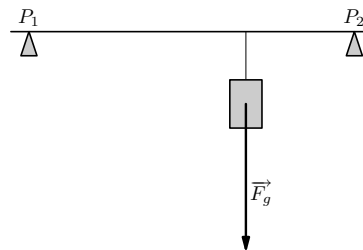
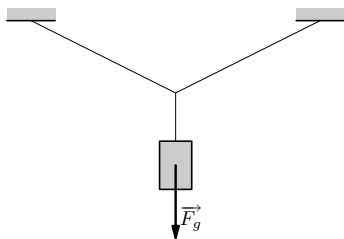
(b) Seřadte odpovídající momenty $\vec{M}_1, \vec{M}_2, \vec{M}_3, \vec{M}_4$ vzestupně podle jejich velikosti



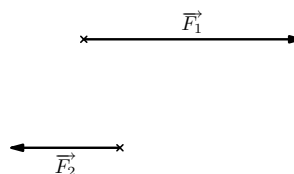
3. Sestrojte síly \vec{F}_1, \vec{F}_2 působící na

(a) lana závěsu;

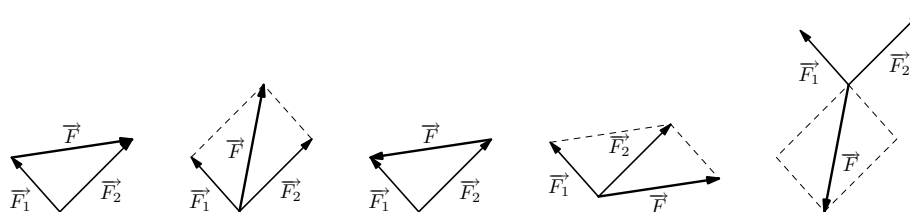
(b) podpěry P_1, P_2 nosníku.



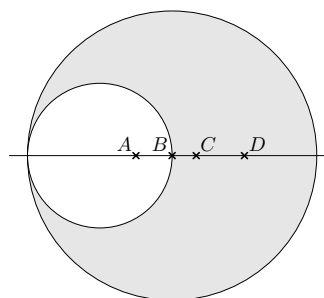
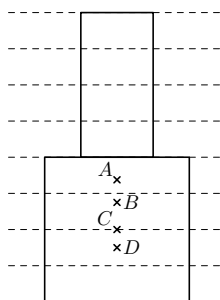
4. Nalezněte graficky velikost F výslednice sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 a polohu působitě výsledné síly \vec{F} .



5. Zakroužkujte obrázek, na kterém je správně zakreslena výslednice \vec{F} sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 .



6. Odhadněte, který z bodů A , B , C , D je těžištěm tělesa, a zakroužkujte jeho popisek, jestliže
 (a) Tělesem je hřídel tvořená dvěma sousými válci z téhož homogenního kovu. Válce jsou spojeny v podstavě, mají poloměry 4 dm a 2 dm a oba mají stejnou výšku 4 dm.
 (b) Tělesem je kruhová deska o poloměru 3 dm, z níž byl vyříznut kruhový otvor o poloměru 1,5 dm (viz obrázek).



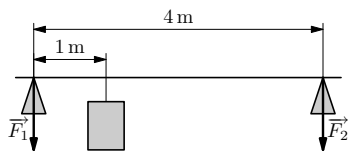
7. Stavební cihla, která má rozměry $14\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 27\text{ cm}$, je z homogenního materiálu a má hmotnost 4,5 kg. Určete práci, kterou je třeba vykonat, chceme-li cihlu zvednout z nejstabilnější polohy na vodorovné podložce do nejméně stabilní rovnovážné polohy stálé.

$W =$ _____

8. Na roztočený dětský kolotoč naskáčeou děti. Tím moment setrvačnosti kolotoče vzroste na čtyřnásobek původní hodnoty. Jak se změní frekvence otáčení kolotoče? Vyberte z nabídnutých odpovědí:

- (a) frekvence vzroste na čtyřnásobek
- (b) frekvence klesne na čtvrtinu
- (c) frekvence vzroste na dvojnásobek
- (d) frekvence klesne na polovinu
- (e) frekvence se nezmění

9. Jak velkými silami působí tyč na ramena nosičů, jestliže nesené břemeno má hmotnost 80 kg (viz obrázek)?



$F_1 =$ _____, $F_2 =$ _____

10. Rotor elektromotoru má vzhledem k pevné ose otáčení moment setrvačnosti $0,001 \text{ kgm}^2$. Vypočítejte práci, kterou je třeba vynaložit, chceme-li rotor roztočit (vzhledem k ose rotace) na 600 otáček za minutu.

$W =$ _____

6.2 Vzorová řešení testu

V této příloze uvádím vzorová řešení jednotlivých variant didaktického testu (3 strany formátu A4, zde mírně zmenšeno).

Test z mechaniky tuhého tělesa

A

Jméno: _____ Třída: _____

Poslední známka z fyziky na vysvědčení: _____

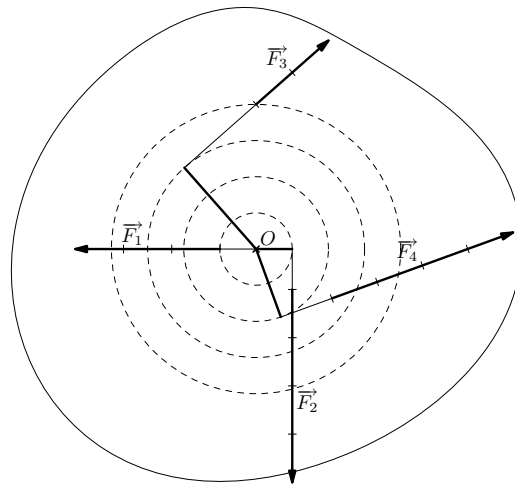
1. Velikost momentu síly vzhledem k dané ose otáčení je definována vztahem

_____ $F \cdot d$ _____ kde _____ d je rameno síly a F je velikost působící síly _____

2. Na těleso otáčivé kolem pevné osy procházející bodem O kolmo k nánkresně působí v rovině nánkresny síly $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$. Řešte tyto dva úkoly:

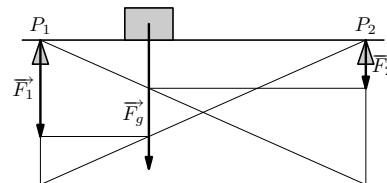
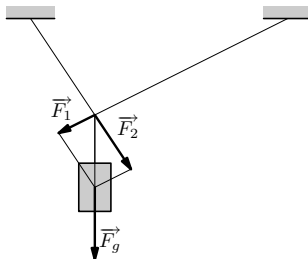
- (a) Vyznačte do obrázku ramena uvedených sil vzhledem k dané ose otáčení.
- (b) Seřadte odpovídající momenty $\vec{M}_1, \vec{M}_2, \vec{M}_3, \vec{M}_4$ vzestupně podle jejich velikosti

$$M_1 < M_2 < M_3 < M_4$$

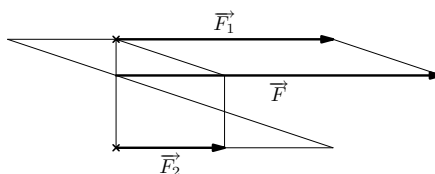


3. Sestrojte síly \vec{F}_1, \vec{F}_2 působící na

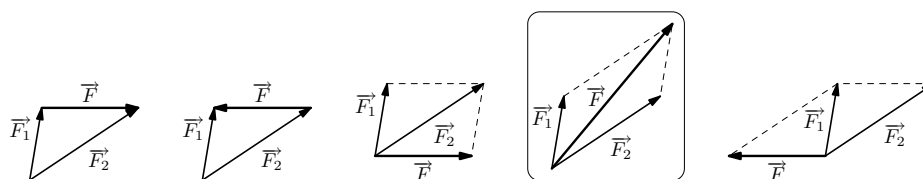
- (a) lana závěsu;
- (b) podpěry P_1, P_2 nosníku.



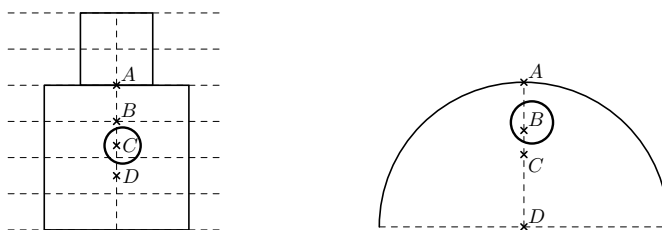
4. Nalezněte graficky velikost F výslednice sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 a polohu působitě výsledné síly \vec{F} .



5. Zakroužkujte obrázek, na kterém je správně zakreslena výslednice \vec{F} sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 .



6. Odhadněte, který z bodů A , B , C , D je těžištěm tělesa, a zakroužkujte jeho popisek, jestliže
 (a) Těleso je tvořeno dvěma splenými krychlemi z téhož homogenního materiálu tak, že střed podstav je společný (viz obrázek). Délky hran krychlí jsou 4 dm a 2 dm.
 (b) Tělesem je drát z homogenního materiálu ohnutý do tvaru půlkružnice o poloměru 3 dm.



7. Stavební cihla, která má rozměry 14 cm \times 27 cm \times 6 cm, je z homogenního materiálu a má hmotnost 4,5 kg. Vypočítejte práci potřebnou k převedení cihly z nejstabilnější polohy na vodorovné podložce do nejbližší vratké polohy.

$$W = mg(h_2 - h_1)$$

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot 6 \text{ cm} = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

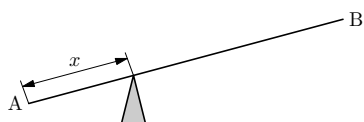
$$h_2 = \frac{1}{2} \sqrt{(6 \text{ cm})^2 + (14 \text{ cm})^2} \doteq 7.62 \text{ cm} = 0.0762 \text{ m}$$

$$W = mg(h_2 - h_1) \doteq 4.5 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ kgms}^{-2} \cdot (0.0762 \text{ m} - 0.03 \text{ m}) \doteq 2.0 \text{ J}$$

$$W \doteq \text{ ______ } 2.0 \text{ J ______}$$

8. Setrvačnick se otáčí se stálou frekvencí. Jak se změní kinetická energie tohoto setrvačnicku, vzroste-li frekvence na dvojnásobnou hodnotu? Kinetická energie
- se zdvojnásobí
 - klesne na polovinu
 - vzroste na čtyřnásobek**
 - klesne na čtvrtinu
 - se nezmění

9. Adam o hmotnosti 30 kg a Běda o hmotnosti 20 kg si chtějí z prkna délky 6 m udělat houpačku. V jaké vzdálenosti x od místa A, kde bude sedět Adam, je třeba prkno podepřít, aby po usazení chlapců na konce prkna bylo prkno ve vodorovné rovnovážné poloze?



$$\begin{aligned}
 x \cdot m_A &= (l - x) \cdot m_B \\
 x \cdot (m_A + m_B) &= l \cdot m_B \\
 x &= l \cdot \frac{m_B}{m_A + m_B} \\
 x &= 6 \text{ m} \cdot \frac{20 \text{ kg}}{30 \text{ kg} + 20 \text{ kg}} = 2.4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$x =$ _____ 2.4 m _____

10. Vypočtěte práci, kterou musíme vykonat, chceme-li z klidu roztočit válcovou hřídel o momentu setrvačnosti $0,03 \text{ kgm}^2$ (vzhledem k ose rotace) na 300 otáček za minutu.

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} J (2\pi f)^2 = 2 J \pi^2 f^2 \\
 f &= 300 \text{ min}^{-1} = 5 \text{ s}^{-1} \\
 W &\doteq 2 \cdot 0.03 \text{ kgm}^2 \cdot 3.14^2 \cdot (5 \text{ s}^{-1})^2 \\
 W &\doteq 15 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$W \doteq$ _____ 15 J _____

Test z mechaniky tuhého tělesa

B

Jméno: _____ Třída: _____

Poslední známka z fyziky na vysvědčení: _____

1. Energie tuhého tělesa, jehož moment setrvačnosti vzhledem k ose rotace je J a které rotuje kolem této osy s úhlovou rychlostí ω , je

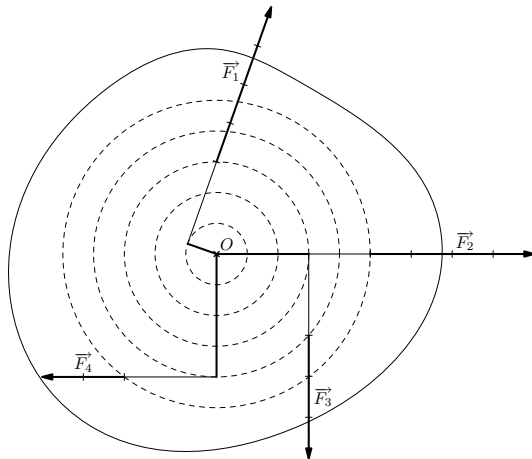
$$E = \text{_____} \frac{1}{2} J \omega^2 \text{_____}$$

2. Na těleso otáčivé kolem pevné osy procházející bodem O kolmo k náčrtu působí v rovině náčrtu síly $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$. Řešte tyto dva úkoly:

(a) Vyznačte ramena sil vzhledem k dané ose otáčení.

(b) Seřadte odpovídající momenty $\vec{M}_1, \vec{M}_2, \vec{M}_3, \vec{M}_4$ vzestupně podle jejich velikosti

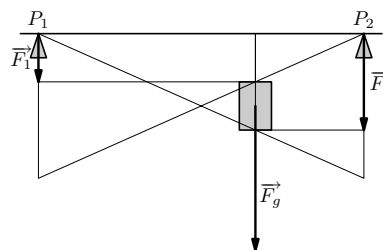
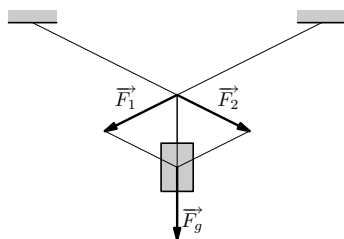
$$M_2 < M_1 < M_4 < M_3$$

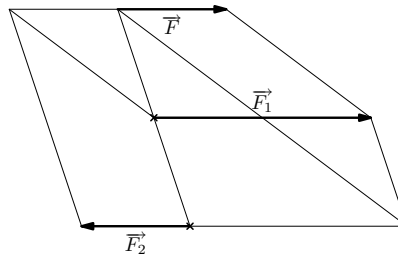


3. Sestrojte síly \vec{F}_1, \vec{F}_2 působící na

(a) lana závěsu;

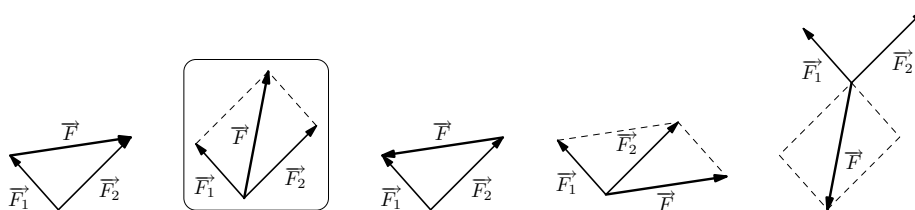
(b) podpěry P_1, P_2 nosníku.



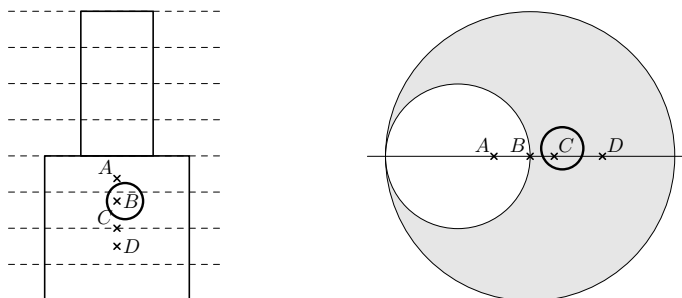


4. Nalezněte graficky velikost F výslednice sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 a polohu působistiše výsledné síly \vec{F} .

5. Zakroužkujte obrázek, na kterém je správně zakreslena výslednice \vec{F} sil \vec{F}_1 , \vec{F}_2 .



6. Odhadněte, který z bodů A , B , C , D je těžištěm tělesa, a zakroužkujte jeho popisek, jestliže
 (a) Tělesem je hřídel tvořená dvěma sousými válci z téhož homogenního kovu. Válce jsou spojeny v podstavě, mají poloměry 4 dm a 2 dm a oba mají stejnou výšku 4 dm.
 (b) Tělesem je kruhová deska o poloměru 3 dm, z níž byl vyříznut kruhový otvor o poloměru 1,5 dm (viz obrázek).



7. Stavební cihla, která má rozměry 14 cm \times 6 cm \times 27 cm, je z homogenního materiálu a má hmotnost 4,5 kg. Určete práci, kterou je třeba vykonat, chceme-li cihlu zvednout z nejstabilnější polohy na vodorovné podložce do nejméně stabilní rovnovážné polohy stálé.

$$W = mg(h_2 - h_1)$$

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot 6 \text{ cm} = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{1}{2} \sqrt{(6 \text{ cm})^2 + (27 \text{ cm})^2} \doteq 13.83 \text{ cm} = 0.1383 \text{ m}$$

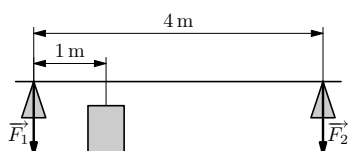
$$W = mg(h_2 - h_1) \doteq 4.5 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ kgms}^{-2} \cdot (0.1383 \text{ m} - 0.03 \text{ m}) \doteq 4.8 \text{ J}$$

$$W \doteq \text{_____} 4.8 \text{ J} \text{ _____}$$

8. Na roztočený dětský kolotoč naskáčí děti. Tím moment setrvačnosti kolotoče vzroste na čtyřnásobek původní hodnoty. Jak se změní frekvence otáčení kolotoče? Vyberte z nabídnutých odpovědí:

- (a) frekvence vzroste na čtyřnásobek
- (b) frekvence klesne na čtvrtinu
- (c) frekvence vzroste na dvojnásobek
- (d) frekvence klesne na polovinu**
- (e) frekvence se nezmění

9. Jak velkými silami působí tyč na ramena nosičů, jestliže nesené břemeno má hmotnost 80 kg (viz obrázek)?



$$G = mg \doteq 80 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ kgms}^{-2} \doteq 784.8 \text{ N}$$

$$F_2 \cdot l = G \cdot l_1$$

$$F_2 = G \cdot \frac{l_1}{l}$$

$$F_2 \doteq 80 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ kgms}^{-2} \cdot \frac{1 \text{ m}}{4 \text{ m}} \doteq 196.2 \text{ N}$$

$$F_1 = G - F_2 \doteq 588.6 \text{ N}$$

$$F_1 = 588.6 \text{ N} (\doteq 600 \text{ N}) \quad , \quad F_2 = 196.2 \text{ N} (\doteq 200 \text{ N})$$

10. Rotor elektromotoru má vzhledem k pevné ose otáčení moment setrvačnosti $0,001 \text{ kgm}^2$. Vypočtěte práci, kterou je třeba vynaložit, chceme-li rotor roztočit (vzhledem k ose rotace) na 600 otáček za minutu.

$$W = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} J (2\pi f)^2 = 2J\pi^2 f^2$$

$$f = 600 \text{ min}^{-1} = 10 \text{ s}^{-1}$$

$$W \doteq 2 \cdot 0.001 \text{ kgm}^2 \cdot 3.14^2 \cdot (10 \text{ s}^{-1})^2$$

$$W \doteq 2.0 \text{ J}$$

$$W \doteq \text{_____} 2.0 \text{ J} \text{_____}$$

6.3 Podrobné výsledky

Tato příloha obsahuje podrobné tabulky výsledků: celkové statistiky, statistiky pro varianty testu A a B a statistiky pěti testovaných tříd. Vždy jsou uvedeny hodnoty \bar{b} (průměr dosažených bodů ve třídě), \bar{z} (průměrná známka z fyziky ve třídě), k (koeficient korelace mezi dosaženými body a známkou ve třídě) a histogram rozložení získaných bodů.

U jednotlivých tříd jsou dále zobrazeny kompletní tabulky výsledků jednotlivých testovaných studentů.

celkem

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 6.84$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 1013.73$$

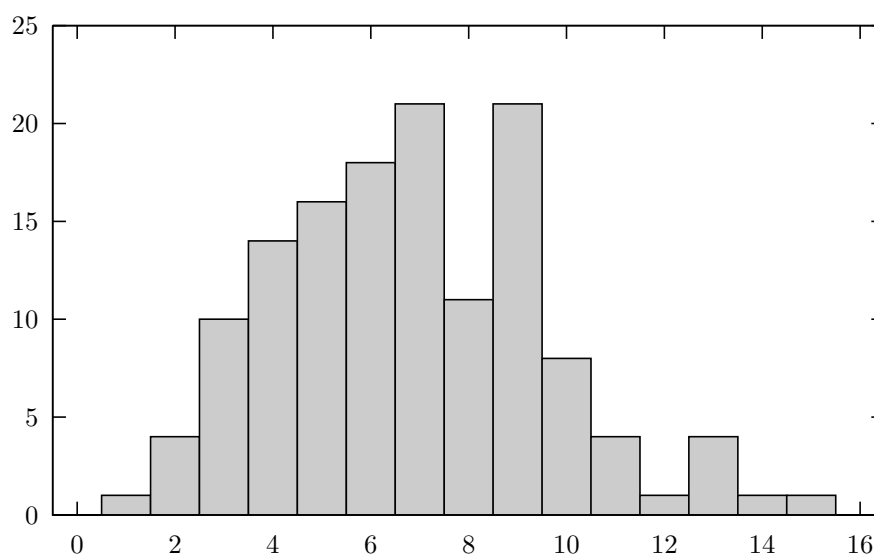
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 2.20$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 85.60$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -168.80$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.57$$

histogram dosažených bodů



varianta A

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 7.25$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 554.81$$

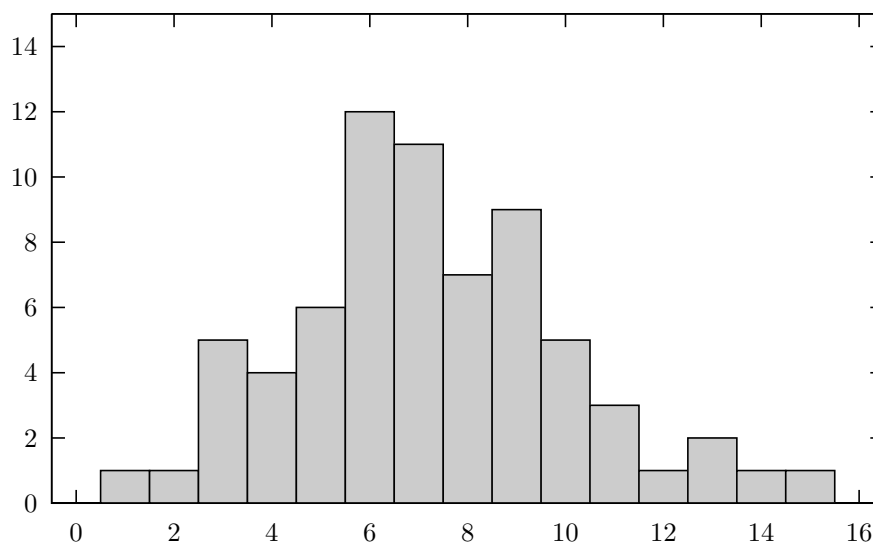
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 2.20$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 37.16$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -69.45$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.48$$

histogram dosažených bodů



varianta B

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 6.42$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 436.12$$

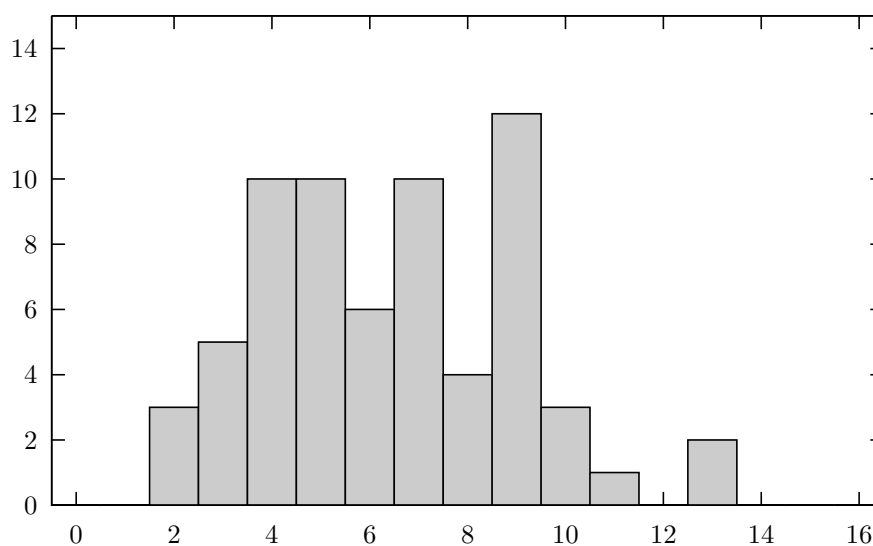
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 2.20$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 48.44$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -99.52$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.68$$

histogram dosažených bodů



třída 5.A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	b	Δb	z	Δz	$\Delta b \cdot \Delta z$
1	1	2	1	0	1	0	0	1	1	0	7	0,54	2	-0,61	-0,33
2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	7	0,54	2	-0,61	-0,33
3	0	3	1	1	1	2	0	0	1	0	9	2,54	3	0,39	1
4	1	3	2	1	1	1	2	1	1	2	15	8,54	1	-1,61	-13,72
5	1	3	0	1	1	1	2	1	1	2	13	6,54	1	-1,61	-10,5
6	1	3	0	0	1	0	0	1	1	0	7	0,54	1	-1,61	-0,86
7	1	3	0	0	1	1	1	0	0	0	7	0,54	4	1,39	0,75
8	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4	-2,46	3	0,39	-0,97
9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	-4,46	3	0,39	-1,75
10	1	3	1	1	1	0	0	0	1	0	8	1,54	3	0,39	0,6
11	1	1	2	1	1	0	1	1	1	0	9	2,54	2	-0,61	-1,54
12	1	0	2	1	1	0	1	1	1	0	8	1,54	2	-0,61	-0,93
13	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	6	-0,46	2	-0,61	0,28
14	0	0	2	1	1	1	1	1	0	0	7	0,54	2	-0,61	-0,33
15	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	6	-0,46	3	0,39	-0,18
16	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	-3,46	3	0,39	-1,36
17	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4	-2,46	3	0,39	-0,97
18	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	-4,46	4	1,39	-6,22
19	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	5	-1,46	4	1,39	-2,04
20	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	4	-2,46	2	-0,61	1,5
21	0	3	2	0	1	2	1	0	0	0	9	2,54	2	-0,61	-1,54
22	1	3	1	0	0	0	0	0	0	1	6	-0,46	3	0,39	-0,18
23	1	0	1	0	1	2	1	1	0	0	7	0,54	4	1,39	0,75
24	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	6	-0,46	3	0,39	-0,18
25	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	-4,46	3	0,39	-1,75
26	1	0	1	0	0	2	0	0	0	1	5	-1,46	4	1,39	-2,04
27	1	3	1	0	0	2	2	0	0	0	9	2,54	1	-1,61	-4,08
28	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	4	-2,46	3	0,39	-0,97

třída 5.A

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 6.46$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 248.96$$

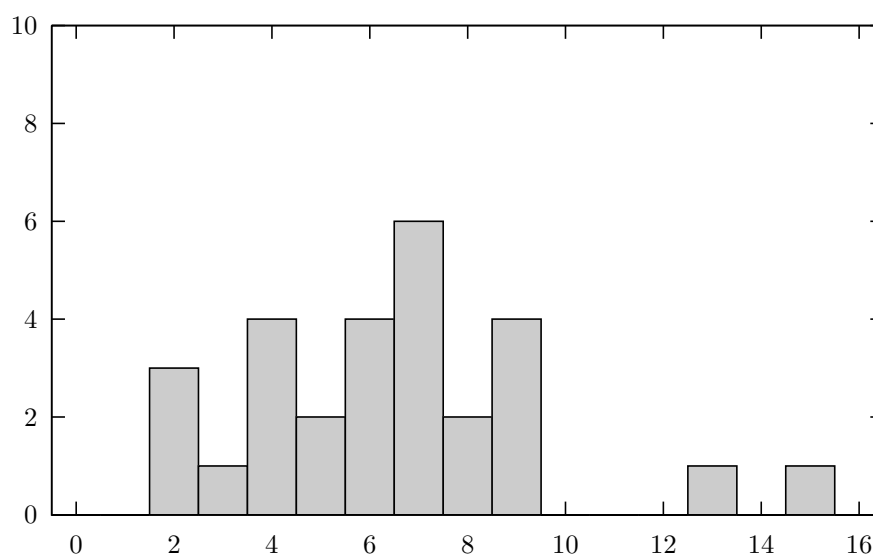
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 2.61$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 24.68$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -47.89$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.61$$

histogram dosažených bodů



třída 5.B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	b	Δb	z	Δz	$\Delta b \cdot \Delta z$
1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3	-2,86	3	0,86	-2,47
2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	-2,86	3	0,86	-2,47
3	1	0	0	0	1	2	1	0	1	0	6	0,14	2	-0,14	-0,02
4	1	1	1	0	1	1	0	1	1	2	9	3,14	1	-1,14	-3,57
5	1	3	0	0	1	2	0	1	1	0	9	3,14	1	-1,14	-3,57
6	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	-2,86	4	1,86	-5,33
7	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	7	1,14	2	-0,14	-0,16
8	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	5	-0,86	3	0,86	-0,74
9	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	6	0,14	2	-0,14	-0,02
10	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	5	-0,86	3	0,86	-0,74
11	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4	-1,86	1	-1,14	2,12
12	0	2	1	0	1	0	1	1	1	1	8	2,14	1	-1,14	-2,43
13	1	3	1	1	1	0	0	0	1	0	8	2,14	2	-0,14	-0,29
14	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8	2,14	1	-1,14	-2,43
15	1	1	0	0	1	2	1	0	1	0	7	1,14	2	-0,14	-0,16
16	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	4	-1,86	3	0,86	-1,61
17	1	3	1	0	1	1	1	1	0	0	9	3,14	2	-0,14	-0,43
18	1	0	1	0	1	2	2	1	1	0	9	3,14	1	-1,14	-3,57
19	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	4	-1,86	3	0,86	-1,61
20	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	4	-1,86	3	0,86	-1,61
21	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3	-2,86	3	0,86	-2,47
22	1	3	1	0	0	1	1	0	0	0	7	1,14	2	-0,14	-0,16
23	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	4	-1,86	3	0,86	-1,61
24	0	3	1	0	1	1	1	1	1	0	9	3,14	1	-1,14	-3,57
25	0	2	1	0	1	2	0	0	1	0	7	1,14	1	-1,14	-1,29
26	1	0	1	0	1	2	1	0	0	0	6	0,14	1	-1,14	-0,16
27	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	4	-1,86	3	0,86	-1,61
28	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	5	-0,86	2	-0,14	0,12
29	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	4	-1,86	3	0,86	-1,61

třída 5.B

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 5.86$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 127.45$$

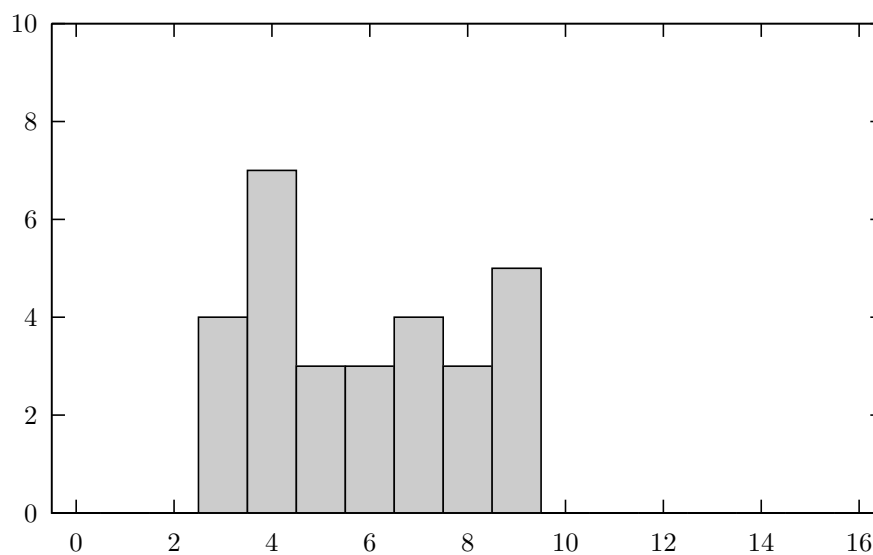
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 2.14$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 23.45$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -43.45$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.79$$

histogram dosažených bodů



třída 5.0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	b	Δb	z	Δz	$\Delta b \cdot \Delta z$
1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3	-4,21	2	0,04	-0,18
2	0	3	1	1	1	1	1	0	1	0	9	1,79	1	-0,96	-1,72
3	1	3	2	1	1	0	0	1	1	0	10	2,79	2	0,04	0,12
4	0	3	1	1	1	0	1	1	0	1	9	1,79	2	0,04	0,07
5	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	6	-1,21	2	0,04	-0,05
6	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	5	-2,21	3	1,04	-2,3
7	1	3	2	1	1	2	1	1	1	0	13	5,79	2	0,04	0,24
8	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	6	-1,21	2	0,04	-0,05
9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	12	4,79	2	0,04	0,2
10	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	6	-1,21	2	0,04	-0,05
11	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	10	2,79	2	0,04	0,12
12	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	-4,21	3	1,04	-4,38
13	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	-5,21	3	1,04	-5,43
14	1	2	1	0	1	1	1	0	0	1	8	0,79	2	0,04	0,03
15	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	6	-1,21	2	0,04	-0,05
16	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	-4,21	3	1,04	-4,38
17	1	3	2	0	1	1	1	0	0	1	10	2,79	1	-0,96	-2,68
18	1	3	2	1	1	2	0	1	0	2	13	5,79	1	-0,96	-5,55
19	1	3	1	0	1	1	1	1	1	0	10	2,79	2	0,04	0,12
20	1	3	1	1	1	1	1	0	0	0	9	1,79	1	-0,96	-1,72
21	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	-4,21	2	0,04	-0,18
22	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	-4,21	2	0,04	-0,18
23	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	5	-2,21	2	0,04	-0,09
24	1	3	2	0	1	2	0	0	0	0	9	1,79	1	-0,96	-1,72

třída 5.0

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 7.21$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 265.96$$

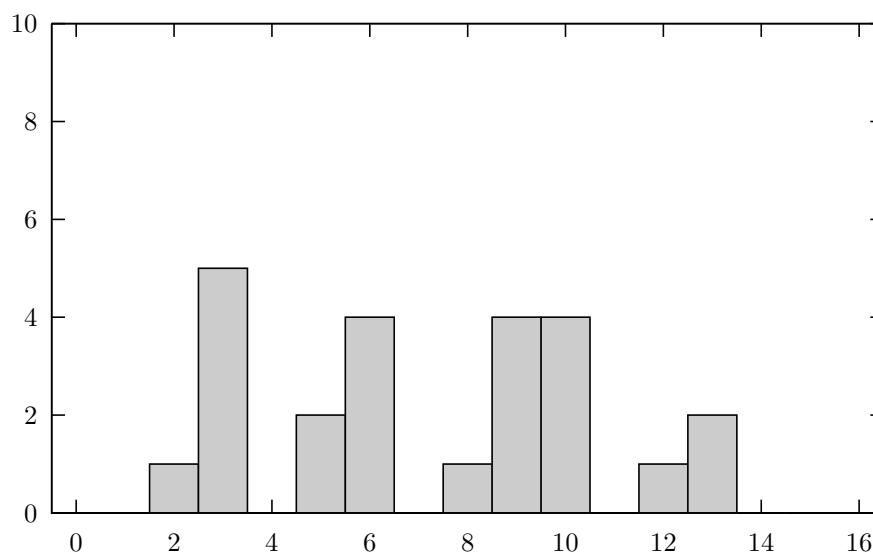
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 1.96$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 8.96$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -29.79$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.61$$

histogram dosažených bodů



třída 1.B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	b	Δb	z	Δz	$\Delta b \cdot \Delta z$
1	1	3	0	0	1	1	0	1	1	1	9	0,46	2	0,04	0,02
2	1	3	2	1	1	1	1	1	1	2	14	5,46	1	-0,96	-5,23
3	1	2	0	0	1	0	0	1	0	1	6	-2,54	2	0,04	-0,11
4	1	3	1	0	1	0	1	1	1	1	10	1,46	2	0,04	0,06
5	1	3	0	0	1	0	0	1	0	2	8	-0,54	3	1,04	-0,56
6	1	3	1	0	1	0	1	1	0	2	10	1,46	2	0,04	0,06
7	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4	-4,54	3	1,04	-4,73
8	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	5	-3,54	3	1,04	-3,69
9	1	2	2	1	1	1	0	0	0	1	9	0,46	1	-0,96	-0,44
10	0	3	0	1	1	0	0	1	0	1	7	-1,54	2	0,04	-0,06
11	0	3	1	0	1	0	1	1	1	1	9	0,46	2	0,04	0,02
12	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	6	-2,54	3	1,04	-2,65
13	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	10	1,46	2	0,04	0,06
14	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0	6	-2,54	2	0,04	-0,11
15	1	3	1	0	1	0	1	0	0	2	9	0,46	2	0,04	0,02
16	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	9	0,46	2	0,04	0,02
17	1	3	1	0	1	2	1	0	0	0	9	0,46	1	-0,96	-0,44
18	0	3	2	1	1	2	1	0	1	0	11	2,46	1	-0,96	-2,36
19	1	2	1	0	1	2	1	0	0	0	8	-0,54	2	0,04	-0,02
20	1	3	0	0	1	2	1	0	0	0	8	-0,54	2	0,04	-0,02
21	1	3	1	1	1	2	2	0	0	2	13	4,46	1	-0,96	-4,27
22	1	3	1	0	1	1	1	0	0	1	9	0,46	2	0,04	0,02
23	1	3	0	0	1	2	0	0	0	0	7	-1,54	2	0,04	-0,06
24	1	3	0	0	1	1	1	0	0	2	9	0,46	2	0,04	0,02

třída 1.B

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 8.54$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 121.96$$

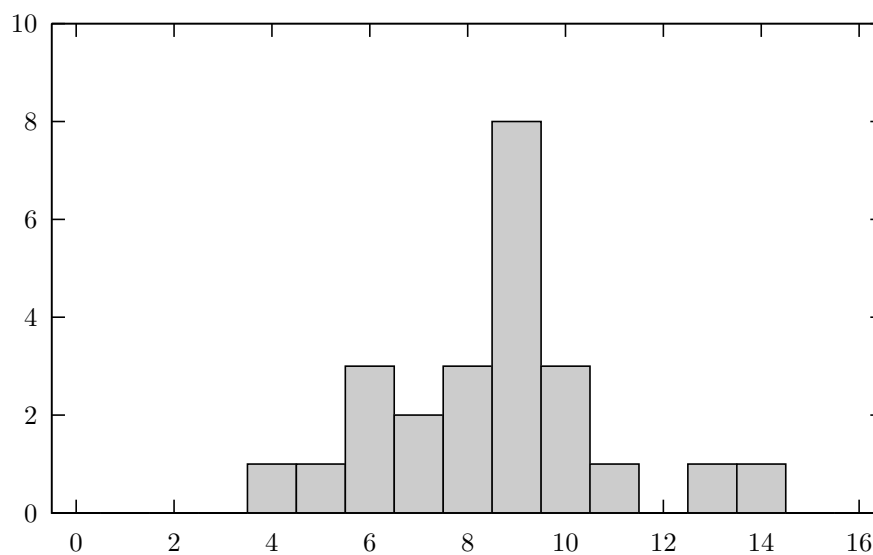
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 1.96$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 8.96$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -24.46$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.74$$

histogram dosažených bodů



třída 1.C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	b	Δb	z	Δz	$\Delta b \cdot \Delta z$
1	1	3	1	1	1	1	0	1	0	2	11	4,5	2	-0,27	-1,2
2	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	5	-1,5	2	-0,27	0,4
3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	6	-0,5	3	0,73	-0,37
4	0	3	2	1	1	1	1	1	1	0	11	4,5	3	0,73	3,3
5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7	0,5	2	-0,27	-0,13
6	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	6	-0,5	2	-0,27	0,13
7	1	0	2	1	1	1	0	1	0	0	7	0,5	3	0,73	0,37
8	1	0	1	1	1	1	0	1	0	2	8	1,5	2	-0,27	-0,4
9	1	0	2	1	1	1	1	0	0	0	7	0,5	2	-0,27	-0,13
10	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	4	-2,5	3	0,73	-1,83
11	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	6	-0,5	3	0,73	-0,37
12	1	3	1	0	1	1	1	1	0	2	11	4,5	2	-0,27	-1,2
13	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	5	-1,5	2	-0,27	0,4
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	-5,5	2	-0,27	1,47
15	0	3	1	1	1	0	0	1	0	0	7	0,5	3	0,73	0,37
16	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	5	-1,5	2	-0,27	0,4
17	1	0	1	0	1	2	1	1	0	1	8	1,5	2	-0,27	-0,4
18	1	2	2	0	1	2	1	0	0	1	10	3,5	1	-1,27	-4,43
19	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7	0,5	2	-0,27	-0,13
20	0	1	1	1	1	2	1	0	0	0	7	0,5	2	-0,27	-0,13
21	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	5	-1,5	1	-1,27	1,9
22	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0	6	-0,5	2	-0,27	0,13
23	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	5	-1,5	2	-0,27	0,4
24	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	5	-1,5	3	0,73	-1,1
25	0	0	2	1	1	2	1	0	0	0	7	0,5	2	-0,27	-0,13
26	1	0	1	0	1	1	1	0	0	2	7	0,5	2	-0,27	-0,13
27	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	7	0,5	2	-0,27	-0,13
28	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	5	-1,5	3	0,73	-1,1
29	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4	-2,5	4	1,73	-4,33
30	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	5	-1,5	2	-0,27	0,4

třída 1.C

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \doteq 6.50$$

$$S_{bb} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2 \doteq 141.50$$

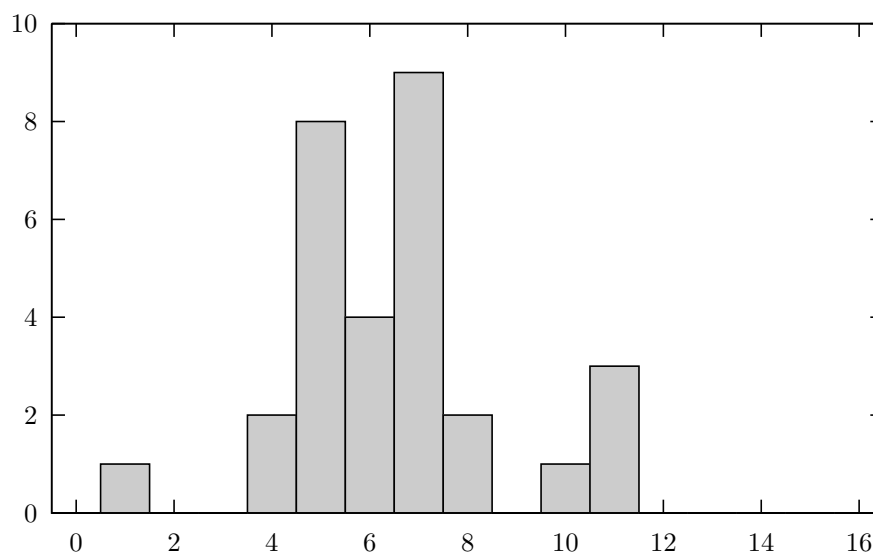
$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \doteq 2.27$$

$$S_{zz} = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \doteq 11.87$$

$$S_{bz} = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})(z_i - \bar{z}) \doteq -8.00$$

$$k = \frac{S_{bz}}{\sqrt{S_{bb}S_{zz}}} \doteq -0.20$$

histogram dosažených bodů



Literatura

- [1] Bednařík M., Šíroká M., *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*, Prometheus, Praha, 2000.
- [2] Lepil, Bednařík M., Hýblová, *Fyzika pro střední školy 1*, Prometheus, Praha, 2002.
- [3] Svoboda E. a kolektiv, *Přehled středoškolské fyziky*, Prometheus, Praha, 1996.
- [4] Pichot P., *Mentální testy*, SPN, Praha, 1970.
- [5] Hnilíčková J., Josíčko M., Tuček A., *Didaktické testy a jejich statistické zpracování*, SPN, Praha, 1972.
- [6] Mužić V., *Testy vědomostí*, SPN, Praha, 1971. Překlad *Testovi znanja*, Školska knjiga, Zagreb, 1968.
- [7] Chráska M., *Didaktické testy ve školní praxi*, Paido, Brno, 2002.
- [8] Svoboda E., Kolářová R., *Didaktika fyziky základní a střední školy*, Karolinum, Praha, 2006.
- [9] Kohoutek R., *Didaktické testy*, CERM, Brno, 1996.
- [10] *Evaluační a autoevaluační školy*, CERMAT, Praha, 2007.
- [11] Michalička M., *Pedagogická diagnostika*, Pedagogika, 1969/1, 1969/3.
- [12] *Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky platný od školního roku 2009/2010*, CERMAT, Praha, 2008.
- [13] Schindler R. a kolektiv, *Rukověť autora testových úloh*, CERMAT, Praha, 2006.
- [14] Bednařík M., Šíroká M., *Testy ze středoškolské fyziky, Mechanika*, Prometheus, Praha, 1996.
- [15] Fenclová J., *Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky*, SPN, Praha, 1982.
- [16] Zieleniecová P., *Didaktické testy*, 2007. Učební materiál MFF UK.
- [17] Kalhous Z., Obst O. a kolektiv, *Školní didaktika*, Portál, Praha, 2002.
- [18] Hejnová E., *Evaluační úlohy z fyziky k tematickému celku Pohyb těles, síly*, <http://www.rvp.cz/clanek/137>, 2004.
- [19] Lepil O., Šíroká M., *Sbírka testových úloh k maturitě z fyziky*, Prometheus, Praha, 2001.
- [20] Salach S., Sanok Z., Plazak T., *500 testových úloh z fyziky pro studenty středních škol*, Prometheus, Praha, 2003. Překlad z polštiny.
- [21] Dvořáčková K., *Tvorba testu pro výuku molekulové fyziky a termiky na gymnáziu*, 2002. Diplomová práce MFF UK.
- [22] Fronková J., *Problémové vyučování ve fyzice na středních školách*, 1975. Diplomová práce MFF UK.
- [23] *Zpráva ÚIV – Vědomosti a dovednosti pro život*, 2000.
- [24] *webová stránka Ústavu pro informace ve vzdělávání*, <http://www.uiv.cz/>.
- [25] Tollingerová D., Kněžů V., Kulič V., *Programované učení*, SPN, Praha, 1966.
- [26] Lamoš F., Potocký R., *Pravděpodobnost a matematická statistika*, Alfa, Bratislava, 1989. ISBN: 80-05-00115-0
- [27] Jáchim F., Tesař J., *Sbírka úloh z fyziky – Pro 6.–9. ročník ZŠ*, SPN, Praha, 2004. ISBN: 80-7235-256-3
- [28] Bednařík M., Ordelt M., Šíroká M., *Testy ze středoškolské fyziky (příložen CD)*, Prometheus, Praha, 2004. ISBN: 80-7196-242-2
- [29] Kolektiv autorů, *Testy z přírodních věd v kostce pro střední školy*, Fragment, Praha, 1999. ISBN: 80-7200-344-5
- [30] Bílková K., *Chci se dostat na vysokou školu! Chemie a Fyzika - pro medicínu, farmacii a veterinární fakulty*, Barrister & Principal, Brno, 2003. ISBN: 80-86598-13-6
- [31] Soukup V., Veselý J., *Maturitní otázky z fyziky*, Fragment, Brno, 2007. ISBN: 80-253-0501-5

-
- [32] Müller J., *Chcete se dostat na lékařskou fakultu?*, Institut vzdělávání Sokrates, Ostrava, 2007. ISBN: 80-86572-41-2
- [33] Kubínek R., Kolářová H., *Fyzika v příkladech a testech*, Rubico, Olomouc, 1996. ISBN: 80-85839-07-5
- [34] *Rámcový projekt monitorování a hodnocení vzdělávání*, MŠMT, Praha, 2004.
- [35] Tomášek V. a kolektiv, *Výzkum TIMSS 2007*, ÚIV, Praha, 2008.