Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DISERTAČNÍ PRÁCE

Tomáš Kekule

Tvorba testů pro středoškolskou fyziku a jejich ověřování

Školicí pracoviště: **Katedra didaktiky fyziky**

Školitel: **prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc.**

Obor: **f12 – Obecné otázky fyziky**

Děkuji vedoucímu své disertační práce prof. RNDr. Emanuelu Svobodovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při přípravě této práce a za čas, který mi během této doby věnoval.

Děkuji také vedení všech gymnázií, kde mi bylo umožněno realizovat výzkum, který je součástí této práce, a učitelům těchto škol, kteří mi poskytli prostor ve svých vyučovacích hodinách.

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Sázavě dne 15. ledna 2008 Tomáš Kekule

Obsah

Úvod 6

1 Didaktický test 8
1.1 Druhy didaktických testů 8
1.2 Vlastnosti dobrého didaktického testu 11

2 Tvorba didaktického testu 13
2.1 Plánování didaktického testu 13
2.2 Konstrukce didaktického testu 15

3 Druhy testových úloh 17
3.1 Otevřené úlohy 17
3.1.1 Úlohy se širokou odpovědí 17
3.1.2 Úlohy se stručnou odpovědí 17
3.2 Uzavřené úlohy 18
3.2.1 Dichotomické úlohy 18
3.2.2 Úlohy s výběrem odpovědí 18
3.2.3 Přiřazovací úlohy 20
3.2.4 Uspořádací úlohy 21

4 Analýza vlastností testových úloh 23
4.1 Obtížnost úloh 23
4.2 Citlivost úloh 23
4.3 Analýza nenormovaných odpovědí 25

5 Ověřování a optimalizace didaktického testu 26
5.1 Statistické charakteristiky didaktického testu 26
5.1.1 Základní statistické charakteristiky 26
5.1.2 Ověření normality získaných dat 26
5.1.3 Korelace 28
5.1.4 Stanovení reliability testu 29
5.1.5 Stanovení validity testu 29
5.2 Úprava testu 30

6 Standardizace didaktického testu 31
6.1 Tvorba klasifikačního standardu z percentilové škály 31
6.2 Tvorba klasifikačního standardu na základě normálního rozdělení 32

7 Použití testů a testových úloh u nás a v zahraničí 34
7.1 Světové výzkumy 34
7.1.1 Výzkum TIMSS 34
7.1.2 Výzkum OECD/PISA 34
7.2 Nová podoba maturitní zkoušky na středních školách v ČR 35
7.2.1 Katalog požadavků k maturitní zkoušce 36
7.3 Popis vybraných testů a sbírek testových úloh z fyziky 37
7.3.1 Fyzika – sbírka úloh pro společnou část maturitní zkoušky 37

7.3.2 Sbírka testových úloh k maturitě z fyziky 38
7.3.3 Testy ze středoškolské fyziky 38
7.3.4 500 testových úloh z fyziky pro studenty středních škol 39
7.3.5 Testy z přírodních věd v kostce pro střední školy 40
7.3.6 Abiturprüfung 2000 – Physik 40
7.3.7 Egzamin maturalny z fizyki z astronomia 41

8 Vlastní didaktické testy 43
8.1 Dílčí testy 43
8.1.1 Popis testů 43
8.1.2 Ověřování testů 44
8.1.3 Testová příručka 45
8.2 Závěrečný test 46
8.2.1 Popis testu 46
8.2.2 Ověřování testu 46
8.2.3 Testová příručka 48

9 Didaktický test Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo 50
9.1 Popis, zadání a řešení testu 50
9.1.1 Specifikační tabulka 50
9.1.2 Zadání testu – varianta A 52
9.1.3 Zadání testu – varianta B 55
9.1.4 Záznamový list odpovědí 58
9.2 Statistické zpracování výsledků testu 59
9.2.1 Četnosti dosažených hrubých skóre 59
9.2.2 Percentilové pořadí 61
9.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky 61
9.2.4 Stanovení reliability testu 61
9.2.5 Položková analýza – statistické charakteristiky úloh 61

10 Didaktický test Struktura a vlastnosti plynů 65
10.1 Popis, zadání a řešení testu 65
10.1.1 Specifikační tabulka 65
10.1.2 Zadání testu – varianta A 67
10.1.3 Zadání testu – varianta B 70
10.1.4 Záznamový list odpovědí 73
10.2 Statistické zpracování výsledků testu 74
10.2.1 Četnosti dosažených hrubých skóre 74
10.2.2 Percentilové pořadí 76
10.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky 76
10.2.4 Stanovení reliability testu 76
10.2.5 Položková analýza – statistické charakteristiky úloh 76

11 Didaktický test Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin 80
11.1 Popis, zadání a řešení testu 80
11.1.1 Specifikační tabulka 80
11.1.2 Zadání testu – varianta A 82
11.1.3 Zadání testu – varianta B 85
11.1.4 Záznamový list odpovědí 88
11.2 Statistické zpracování výsledků testu 89

11.2.1 Četnosti dosažených hrubých skóre ... 89
11.2.2 Percentilové pořadí ... 91
11.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky ... 91
11.2.4 Stanovení reliability testu ... 91
11.2.5 Položková analýza – statistické charakteristiky úloh ... 91

12 Didaktický test Změny skupenství ... 95
12.1 Popis, zadání a řešení testu ... 95
12.1.1 Specifikační tabulka ... 95
12.1.2 Zadání testu – varianta A ... 96
12.1.3 Zadání testu – varianta B ... 99
12.1.4 Záznamový list odpovědí ... 102
12.2 Statistické zpracování výsledků testu ... 103
12.2.1 Četnosti dosažených hrubých skóre ... 103
12.2.2 Percentilové pořadí ... 105
12.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky ... 105
12.2.4 Stanovení reliability testu ... 105
12.2.5 Položková analýza – statistické charakteristiky úloh ... 105

13 Vytvoření klasifikační stupnice ... 109

14 Závěrečný test Molekulová fyzika a termika ... 111
14.1 Popis, zadání a řešení testu ... 111
14.1.1 Specifikační tabulka ... 112
14.1.2 Zadání testu – varianta A ... 114
14.1.3 Zadání testu – varianta B ... 119
14.1.4 Záznamový list odpovědí ... 124
14.2 Statistické zpracování výsledků testu ... 125
14.2.1 Četnosti dosažených hrubých skóre ... 125
14.2.2 Percentilová pořadí ... 129
14.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky ... 129
14.2.4 Stanovení reliability testu ... 129
14.2.5 Položková analýza – statistické charakteristiky úloh ... 130
14.2.6 Vytvoření klasifikační stupnice ... 133
14.2.7 Položková analýza – popis výsledků úloh varianty A ... 135
14.2.8 Položková analýza – popis výsledků úloh varianty B ... 144

15 Závěry ze zpracování výsledků ... 152
15.1 Vybrané nedostatky ve fyzikálních vědomostech a dovednostech studentů gymnázií ... 152
15.2 Doporučení pro tvorbu školních vzdělávacích programů ... 153

Závěr ... 154

Literatura ... 155

Přílohy ... 157

Úvod

V posledních letech se v českém školství objevují snahy o různé reformy, jejichž samozřejmým cílem je zvýšení úrovně vzdělávání na našich školách. Nejvýraznějšími změnami jsou zřejmě Rámcové vzdělávací programy a stále odkládaná nová forma maturitní zkoušky na středních školách.

Na základě již vypracovaných Rámcových vzdělávacích programů vytvářejí školy svoje vlastní školní vzdělávací programy, které by měly podrobně vypovídat o tom, co čeká budoucího studenta dané školy a jakými kompetencemi by měl být vybaven po jejím absolvování. To, jestli absolvent splňuje daná kritéria, bude samozřejmě třeba nějakým způsobem ověřovat, proto budou nezbytností jisté evaluační nástroje. Ty samozřejmě nejsou zapotřebí jen k ohodnocení absolventa školy, ale měly by sloužit k pravidelnému sledování výsledků vzdělávání.

Poměrně dlouho se připravuje změna maturitní zkoušky na středních školách, jejíž navrhovaná podoba se už několikrát měnila. Použití kvalitních evaluačních nástrojů by mělo být při maturitní zkoušce samozřejmostí. Z praktických důvodů přirozeně vyplývá použití didaktických testů, kterými bude možné co nejvíce objektivně a komplexně posoudit stav vědomostí a dovedností studentů.

V České republice existuje jistá nabídka testů, ze které mohou školy vybírat. Tyto testy, vytvářené většinou soukromými subjekty, často nedosahují kvality požadované pro posouzení vědomostí a dovedností studentů, na které je kladen důraz v dnešní době. V testech z fyziky jsou jednotlivé položky často zaměřeny na zapamatování si nějakých faktů nebo obsahují úlohy, jejichž vyřešení vyžaduje dosazení zadaných hodnot fyzikálních veličin do jednoho jednoduchého vztahu. Takové úlohy však neodpovídají např. požadavkům Rámcových vzdělávacích programů, které kladou důraz na schopnost fyzikálně myslet, vyvozovat závěry a pracovat s daty.

Je zřejmé, že existuje potřeba kvalitních evaluačních nástrojů odpovídajících dnešnímu pojetí vzdělávání a tato potřeba se bude nadále zvyšovat. Tato disertační práce je proto zaměřena na tvorbu didaktických testů z fyziky pro studenty gymnázií.

Cílem práce bylo sestavit několik didaktických testů z vybraného gymnaziálního učiva fyziky (molekulové fyziky a termiky), tyto testy ověřit na dostatečně velkém vzorku studentů gymnázií, získané výsledky statisticky zpracovat a testy připravit do podoby vhodné k praktickému použití ve školách. Sestavené úlohy budou sloužit i jako náměty pro připravovanou maturitní zkoušku.

Před ověřením sestavených testů bylo vysloveno několik hypotéz, týkajících se výsledků studentů, kteří budou testy řešit. Tyto hypotézy byly:

H_1: Bodové zisky řešitelů budou u většiny testů vykazovat normální rozdělení, takže toto rozdělení bude možné využít k tvorbě klasifikační stupnice.

H_2: Test ověřující znalosti a dovednosti týkající se úvodu do učiva molekulové fyziky a termiky (základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo – 1. test) bude pro studenty obtížnější než test týkající se změn skupenství (4. test).

H_3: Testové položky s grafy by měly odhalit možné chybné interpretace grafů při vysvětlování fyzikálních vlastností či dějů vyplývající z nedostatečné práce s grafy ve středoškolské výuce fyziky.

H_4: Méně známé úlohy na skupenské přeměny (sublimace, desublimace) budou činit řešitelům potíže.

Práce obsahuje kromě úvodu a závěru 15 kapitol a tři přílohy.

Prvních šest kapitol je teoretického charakteru a jsou zde popsány základní pojmy a postupy vztahující se k didaktickému testu a jeho zpracování. V první kapitole je vymezen samotný pojem didaktického testu, jsou zde popsány druhy testů a vlastnosti, které by měl mít kvalitní didaktický test. Druhá kapitola popisuje techniky plánování testu. Hlavní obsah testu – testové úlohy- jsou obsahem třetí kapitoly. Zde jsou popsány a ukázány na příkladech všechny běžně používané druhy testových úloh. Čtvrtá, pátá a šestá kapitola se zabývá zpracováním výsledků testu od určení vlastností úloh, jako je obtížnost a citlivost (kapitola 4) přes různé statistické charakteristiky testu jako celku (kapitola 5) až po standardizaci testu a vytvoření klasifikační normy pro využití ve školní praxi (kapitola 6).

Sedmá kapitola pojednává o použití testů a testových úloh u nás i v zahraničí. Jsou zde stručně popsány dva světové výzkumy používající testové úlohy – TIMSS a PISA, prostor je věnován i návrhu nové podoby maturitní zkoušky v České republice. Stručně je popsáno několik sbírek testů a testových úloh používaných u nás i v zahraničí včetně testů použitých pro maturitní zkoušku z fyziky v Polsku a v Bavorsku.

Osmá kapitola popisuje tvorbu a proces ověřování vlastních didaktických testů. Byly vytvořeny čtyři testy (každý ve dvou variantách) ověřující vědomosti a dovednosti gymnaziálních studentů ve čtyřech oblastech molekulové fyziky a termiky. Z vybraných úloh těchto testů byl sestaven závěrečný test testující celé gymnaziální učivo molekulové fyziky a termiky. Tento test byl vytvořen a ověřen v rámci řešení grantu 975/2005 Fondu rozvoje vysokých škol, ověřování se zúčastnilo více než 1400 studentů z reprezentativního vzorku gymnázií z celé České republiky. Tato kapitola také obsahuje testové příručky k použití testů ve školní praxi.

Kapitoly 9 – 14 obsahují samotné testy. Čtyři dílčí testy jsou obsahem kapitol 9 – 12, závěrečný test kapitoly 14. Struktura těchto kapitol je stejná, vždy je nejdříve uveden popis testu, jeho zadání a řešení a následně statistické zpracování výsledků testu. V kapitole 13 je vytvořena klasifikační stupnice pro všechny dílčí testy.

Kapitola 15 shrnuje spíše obecnější závěry plynoucí z výsledků závěrečného testu. Jsou uvedeny vybrané nedostatky ve fyzikálních vědomostech či dovednostech studentů gymnázií v oblasti molekulové fyziky a termiky a dále sestaven soubor doporučení pro tvorbu školních vzdělávacích programů v oblasti gymnaziální molekulové fyziky a termiky.

Přílohy obsahují výňatky z Katalogu požadavků k maturitní zkoušce a z Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia týkající se molekulové fyziky a termiky a soubor všech vytvořených testů.

1 Didaktický test

Pojem „test“ je používán v různých významech i souvislostech. S testem se setkáme nejen v pedagogice (resp. v pedagogickém výzkumu), ale i v psychologii, matematické statistice, medicíně, v různých technických oborech i jinde. Obecně označuje test nějakou zkoušku. Didaktický test, který je předmětem našeho zájmu, bývá často chápán jako krátká písemná práce obvykle s uzavřenými úlohami, kterou zadává učitel studentům[1] k ověření jejich znalostí. Takovéto chápání pojem didaktického testu velice zužuje. Test nemusí být jen písemnou zkouškou (existují testy např. psychomotorických dovedností) a rovněž vůbec nemusí být krátkou zkouškou. Např. ve Spojených státech amerických, kde je testování řadu desetiletí velice rozšířeno, vypracovávají studenti některé závěrečné testy při ukončování studia i několik hodin. Didaktický test také nemusí být sestaven pouze z úloh s výběrem odpovědí. Požadovaným výstupem může být stručná i obsáhlejší odpověď nebo i provedení nějaké činnosti a její zhodnocení.

Didaktický test je definován různě. Pravděpodobně nejužívanější definici uvádí Byčkovský v [1]: Didaktický test je nástroj systematického zjišťování (měření) výsledků výuky. Tuto definici později uvádějí i další čeští autoři, např. Chráska v [2], Půlpán v [3]. Podobně je chápán didaktický test v [4]: Didaktický test je test, jehož význačnou charakteristikou je orientace na objektivní zjišťování úrovně zvládnutí obsahu učiva. Pomocí vlastností, které by dobrý didaktický test měl mít, je tento definován v [5] či [6]: Didaktický test je zkouška založená na vědeckých poznatcích a postupech, v mezích možností objektivní a spolehlivá, přesná a výstižná se srovnatelnými výsledky. Celý zkušební děj - příprava, prezentace, zhodnocení a interpretace zkoušky - je pokud možno racionální, zakládá se na dostupných poznatcích, probíhá pod kontrolou a v každé své části je v maximální míře kvantifikován. Dle [7] každá kontrola a hodnocení pokroku ve vzdělávacím procesu nutně vychází ze vzájemného srovnávání výsledků práce žáka, učitele i jiných činitelů, kteří ovlivňují vzdělávací proces a definuje tedy test jako 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 jednotlivců ve stejné situaci. V cizojazyčné, především americké literatuře, můžeme nalézt obecnější definice testu – např. dle [33]: “A test is a device for obtaining a sample of individual’s behavior.“

V této práci se přikláníme k definici z [1]. *Didaktický test tedy chápeme jako významný a potřebný nástroj k ověřování vědomostí a dovedností studentů ve škole, který se od ostatních zkoušek liší především zvýšeným důrazem na objektivitu, kontrolovanou účelnost a odůvodněnost jednotlivých kroků přípravy zkoušení i hodnocení výsledků.* Dobře odborně připravený didaktický test minimalizuje logické omyly a především subjektivní zkreslení ze strany učitele a prakticky vylučuje odlišné hodnocení za stejný výkon pro jednotlivé zkoušené.

1.1 Druhy didaktických testů

Existuje řada druhů didaktických testů, které se liší svým obsahem a druhem použitých úloh, ale i daleko obecnějšími charakteristikami. Testy můžeme třídit podle několika hledisek. Osm základních klasifikačních hledisek je navrženo v [1], toto dělení je pak převzato i v [2] a [4] (viz tabulka 1.1). Podrobně jsou jednotlivé druhy testů popsány v [34].

[1] V této práci jsou používány pojmy „student“ a „žák“ ve stejném významu.

Tabulka 1.1: Druhy didaktických testů

Klasifikační hledisko	Druhy testů		
měřená charakteristika výkonu	rychlosti	úrovně	
dokonalost přípravy testu a jeho příslušenství	standardizované	kvazi-standardizované	nestandardizované
povaha činnosti testovaného	kognitivní (poznávací)	psychomotorické	
míra specifičnosti učení zjišťovaného testem	výsledků výuky	studijních předpokladů	
interpretace výkonu	rozlišující (relativního výkonu)	ověřující (absolutního výkonu)	
časové zařazení do výuky	vstupní	průběžné (formativní)	výstupní (sumativní)
tematický rozsah	monotematické	polytematické (souhrnné)	
míra objektivity skórování	objektivně skórovatelné	kvaziobjektivně skórovatelné	subjektivně skórovatelné

Testy rychlosti jsou sestaveny z velmi snadných úloh, o kterých se předpokládá, že je všichni testovaní dokážou vyřešit. Pokud by nebyl omezen čas na řešení, student by mohl vyřešit všechny úlohy. Test má však stanoven pevný časový limit a výkony testovaných se tedy liší počtem vyřešených úloh. Klasickým příkladem je test psaní na stroji, kdy se měří počet správných úhozů během stanovené doby. Ve výuce fyziky mohou být testy rychlosti zaměřené např. na přiřazování jednotek k veličinám a naopak, na převody jednotek, apod.

Testy úrovně jsou ideálně bez jakéhokoli časového omezení a jsou sestaveny z úloh, jejichž obtížnost postupně vzrůstá. Testovaný tedy libovolně dlouho řeší úlohy, na které stačí a svou práci ukončí u úlohy, kterou již nedokáže vyřešit. Je zřejmé, že ve školní praxi nelze čistý test úrovně (tedy bez časového omezení) použít. Většina školních testů se tedy spíše blíží testům úrovně s tím, že studenti pracují s jistým časovým omezením. Příkladem testu úrovně může být např. test ověřující schopnost řešení různě složitých elektrických obvodů.

Standardizované testy jsou důkladně připraveny a ověřeny, takže jsou známy jejich základní vlastnosti (viz podkapitola 1.2). Součástí testu je testová příručka, kde jsou popsány vlastnosti a způsob použití testu, tj. přesné vymezení jednotných podmínek a postupů při testování, pravidla skórování a interpretace testových výsledků a shromáždění a zpracování testových výsledků do testových standardů, umožňujících vyjádřit výkon testovaného ve vztahu k výkonům populace, pro kterou je test určen. V této práci je uveden postup, jak takový test vzniká (viz kap. 2 – 6).

Nestandardizovaný test je test, který nemá veškeré náležitosti testu standardizovaného. Takový test si často připravuje učitel sám pro svou vlastní potřebu. Proto se těmto testům tak říká ***učitelské testy***. Test není ověřen na větším vzorku testovaných, takže nejsou známy všechny jeho vlastnosti, neexistuje k němu úplná testová příručka.

Kvazistandardizované testy jsou dokonalejší než testy nestandardizované, jejich standardizace však nebyla provedena úplně. Jsou to např. testy, které jsou ověřovány učitelem během 2 - 3 let v několika paralelních třídách v rámci jedné školy a v této škole se také používají, apod.

Testy kognitivní (poznávací) měří úroveň (kvalitu) poznání u studentů. Příkladem je většina testů užívaných v běžných školních předmětech (test vědomostí a intelektových dovedností z fyziky, matematiky, apod.). Naproti tomu ***psychomotorickým testem*** jsou zjišťová-

ny výsledky psychomotorického učení, příkladem jsou různé testy tělesné obratnosti, testy psaní na stroji, apod.

Testy výsledků výuky měří to, co se v dané oblasti studenti naučili. Jsou to testy, které se běžně ve školách používají k ověřování vědomostí a dovedností a následnému hodnocení.

Testy studijních předpokladů se (zatím hlavně v zahraničí) používají především při přijímání studentů ke studiu na vyšším typu školy. Tyto testy zjišťují úroveň obecnějších charakteristik studenta potřebných k budoucímu úspěšnému studiu. Velice rozšířené jsou např. ve Spojených státech jako součást přijímacích zkoušek na vysoké školy. V poslední době se však začaly používat i u nás na některých gymnáziích i fakultách vysokých škol.

Rozlišující testy (testy relativního výkonu) se používají k rozlišení úrovně jednotlivých studentů. Cílem je vyjádřit výkon studenta vzhledem k ostatním testovaným studentům. Výkon studenta se tedy srovnává s výkony ostatních testovaných, v případě standardizovaných testů s výkony celé populace. Tyto testy bývají označovány *NR* – testy (*norm referenced test*). Testy požívané při klasických přijímacích zkouškách by měly být rozlišující. Škola chce přijmout určitou část uchazečů a při zkouškách nezáleží na absolutním výkonu, ale na tom, kteří studenti podají nejlepší výkon.

Ověřující testy (testy absolutního výkonu) slouží k porovnání úrovně testovaného s nějakým kritériem. Do testu jsou vybrány úlohy reprezentující učivo, které má být zkoušeno. Výkon studenta se pak vyjadřuje vůči všem úlohám, nikoli vzhledem k ostatním testovaným studentům. Ověřující testy nerozlišují jednotlivé studenty, jejich cílem je rozhodnout, zda konkrétní student učivo zvládl či nikoli. Tyto testy bývají označovány *CR* – testy (*criterium referenced test*).

Vstupní testy se zadávají před začátkem výuky nějakého celku a slouží k informování o vědomostech, dovednostech, schopnostech a návycích potřebných ke zvládnutí budoucího učiva. Výsledky jsou cenným zdrojem informací pro vyučujícího, který na jejich základě může volit metody výuky nového učiva, ale i pro studenty, kteří mohou odhalit svoje „mezery“. Takový test zadá např. učitel matematiky v prvním ročníku gymnázia před výkladem lineárních rovnic, aby zjistil, co o tomto tématu studenti vědí ze základní školy a na co tedy může navazovat. Podobně učitele fyziky ve stejném ročníku bude zajímat, jak umí žáci používat základní kinematické veličiny a pracovat s nimi při řešení jednoduchých úloh o pohybu.

Průběžné testy se obvykle zaměřují na menší část učiva a používají se v průběhu výuky. Jejich úkolem je poskytovat zpětnou vazbu vyučujícímu, který ji využije k dalšímu řízení výuky. Na základě výsledků testu učitel pozná, jak studenti učivo chápou a osvojují si jej, na což může v případě nepříznivých výsledků reagovat např. změnou metod výuky. Tyto testy samozřejmě plní funkci zpětné vazby i pro samotné testované studenty.

Výstupní testy se zadávají po probrání určitého tematického celku nebo na konci výukového období a obvykle se používají k hodnocení studentů. Samozřejmě však také informují o tom, jak studenti zvládli učivo jako celek. Příkladem výstupních testů jsou vlastní testy v této práci. Testy, které lze použít jako výstupní či úlohy použitelné v těchto testech, lze najít v řadě jiné literatury, např. [21], [22], [23], [24].

Monotematické testy zkouší jedno téma učební látky, naproti tomu ***testy polytematické*** zkouší učivo z více tematických celků.

Testy objektivně skórovatelné jsou sestaveny z takových úloh, u kterých lze objektivně a jednoznačně rozhodnout, zda byly vyřešeny správně či nikoli. Vyhodnocování takových

testů může provádět kdokoli, tedy i osoba, která není v oboru odborníkem, ovšem musí být poučená o pravidlech a způsobu hodnocení. Tyto testy mohou být po splnění jistých technických předpokladů vyhodnocovány i strojově.

Testy subjektivně skórovatelné obsahují úlohy, jejichž řešení je takového charakteru, že v podstatě nelze stanovit jednoznačná pravidla pro hodnocení. Jsou to nejčastěji široce otevřené úlohy, ve kterých student sám tvoří vlastní rozsáhlejší odpověď. Tyto úlohy musí posuzovat odborník (příp. skupina odborníků), čímž se do procesu skórování samozřejmě vnáší jistý subjektivní prvek.

1.2 Vlastnosti dobrého didaktického testu

Didaktický test, který má být skutečně dobrým nástrojem k měření výsledků výuky, musí vykazovat určité vlastnosti. Různí autoři kladou důraz na různé vlastnosti, shodují se však, že těmi nejdůležitějšími jsou objektivita, validita, reliabilita, ekonomičnost a praktičnost.

Objektivita

Objektivita je velmi výraznou vlastností didaktického testu v porovnání s jinými druhy zkoušek. Testování má stanoveno určitá pravidla a při jejich dodržení nelze zkreslovat výsledky testovaného ani v pozitivním ani v negativním smyslu. Jedná-li se o objektivně skórovatelný test, každý zkoušející musí dojít ke stejnému závěru jako jakýkoli jiný zkoušející. Pravidla zadávání i vyhodnocování testu jsou jasně a srozumitelně stanovena předem a během testování ani po něm je nelze měnit. Tomu, aby test mohl být zcela objektivně hodnocen, musí být samozřejmě podřízena celá jeho konstrukce. Jednoznačná musí být formulace otázek (resp. příkazů, úkolů) i pravidla pro jejich hodnocení, jednoznačné musí být instrukce pro zadávání testu i jeho celkové hodnocení.

Validita

Validní je takový test, který zkouší skutečně to, co má být zkoušeno. Výsledek studenta v ideálně validním testu je závislý pouze na jeho vědomostech a dovednostech, které chceme testem ověřovat. Starší (např. [1]), ale i novější ([8], [9]) učebnice metodologie rozlišují několik druhů validity.

Obsahová validita vypovídá o tom, do jaké míry obsah testu reprezentuje oblast učiva, které chceme testovat. Při zkoumání obsahové validity se zajímáme o to, jestli test skutečně obsahuje všechny důležité prvky testovaného učiva a jestli jsou tyto prvky zastoupeny proporcionálně. Obsahová validita je posuzována experty.

Pojmovou (konstruktovou) validitou se vyjadřuje rozsah, v jakém test měří nějakou charakteristiku nebo psychologický konstrukt (např. vědomost). Při zkoumání konstruktové validity se ptáme, zda test zjišťuje skutečně ten konstrukt, který zjišťovat má. (Např. zda test měří vědomosti z tohoto předmětu anebo spíše schopnosti potřebné pro učení se tomuto předmětu.) Konstruktová validita se měří buď pomocí srovnání s jiným výzkumným nástrojem, o němž je známo, že má dobrou konstruktovou validitu, anebo je posuzována experty.

Kriteriální validita je míra shody mezi výsledky testu a výsledky jiného měření provedeného podle známého a ověřeného kritéria. Kriteriální validita se dělí na dvě základní formy: validitu souběžnou a validitu predikční. *Souběžná validita* se zjišťuje srovnáním výsledků testu s nějakým kritériem, kterým může být např. jiný test s dobrou validitou. *Predikční validita* se vztahuje k tomu, do jaké míry jsou výsledky testu v souhlasu s nějakým znakem, jehož úroveň chceme z výsledků testu predikovat. Např. do jaké míry můžeme z testu

usuzovat na budoucí úspěšnost ve studiu. Exaktní vyjadřování kriteriální validity je popsáno v části 5.1.4. Konkrétní příklad z vlastní práce je uveden v [35], část 2.3.1. Zde jsem se zabýval predikční validitou přijímací zkoušky z fyziky na MFF UK v roce 1999, což bylo součástí výzkumného úkolu zabývajícího se stanovováním predikční validity didaktických testů používaných při přijímacích zkouškách na UK.

Reliabilita

Reliabilita testu vypovídá o jeho přesnosti a spolehlivosti. Jako každé měření, je i měření znalostí a dovedností studenta pomocí testu zatíženo nějakou chybou. Výsledek studenta v testu totiž nezávisí pouze na jeho skutečných vědomostech a dovednostech (které chceme měřit), ale i na náhodných vlivech jako je studentova momentální fyzická a psychická kondice, vnější podmínky testování, porozumění úlohám, apod. Test, v jehož výsledku se tyto náhodné a nechtěné vlivy odrážejí co nejméně, má vysokou reliabilitu. Výsledek studenta v takovém testu pak dobře vystihuje studentovy vědomosti a dovednosti, které jsme chtěli testem zjišťovat.

Spolehlivost testu znamená, že test poskytuje stabilní výsledky při opakovaném použití. Dvě rovnocenné populace studentů by tedy měly test řešit přibližně se stejným výsledkem. V ideálním případě by měl jeden student při opakovaném zadání testu dosáhnout shodných výsledků.

Stanovení reliability testu je popsáno v části 5.1.3.

Ekonomičnost

Použití testu by mělo být ekonomicky výhodné jak pro učitele, tak pro studenty. Časová úspora je při použití testu zřejmá. Po finanční stránce je použití testu samozřejmě náročnější než např. ústní zkoušení nebo běžná písemná zkouška zadávaná učitelem, tyto výdaje však bývají vyváženy množstvím a kvalitou praktických a využitelných informací, které nám test poskytuje.

Praktičnost

Test by měl být konstruován tak, aby jeho použití bylo co nejvíce praktické pro testujícího i testované. Použití praktického testu je jednoduché, vyhodnocení výsledků rychlé a jejich interpretace snadná.

2 Tvorba didaktického testu

Didaktický test, který má podat hodnověrné a spolehlivé výsledky, nelze sestavovat tak, že autor začne ihned konstruovat testové úlohy a poskládá je (třeba i náhodně) do testu. Nesystematickým navrhováním obvykle vzniknou úlohy, které zkouší pouhé zapamatování poznatků. Tvorba takových úloh je totiž zdaleka nejsnadnější. Správný test také není sestaven z náhodně vybraných úloh. Důležité a účelné je před vlastní tvorbou test *naplánovat*.

2.1 Plánování didaktického testu

Jaký bude *účel* a rámcový *obsah* testu – to je otázka, kterou by si měl konstruktér testu položit nejdříve. Jinak se bude konstruovat test ověřující znalosti a dovednosti studentů po probrání určitého tematického celku a jinak test, který bude použit u přijímacích zkoušek. Účelem prvního z nich je odhalit, co student umí a neumí z probírané látky, zatímco druhý test by měl hlavně predikovat úspěšnost v budoucím studiu.

Podle účelu a rámcového obsahu se stanoví *návrh testové specifikace*. Tento návrh obsahuje technické údaje jako je počet a druh úloh testu, čas na vypracování testu, pomůcky potřebné k vypracování, apod. Hlavní částí návrhu je pak upřesnění obsahu testu, na jehož základě se pak navrhují vlastní úlohy.

Dle [1] je upřesnění obsahu testu možné provést více způsoby. Podle [2] jsou v učitelské praxi (tj. při tvorbě učitelských testů) nejvhodnější *technika specifikační tabulky* a *technika seznamu výukových cílů*.

Specifikační tabulka člení testované učivo na menší celky, určuje význam těchto celků v rámci celého testu a upřesňuje, jaká úroveň osvojení učiva má být jednotlivými úlohami zkoušena. Sestavování specifikační tabulky začíná určením struktury testovaného učiva. Učivo se rozdělí na dílčí témata a každému tématu se přisuzuje určitá váha (stupeň důležitosti), např. podle času, který je mu věnován. Následuje určení počtu úloh testu. Těch by nemělo být příliš málo kvůli vysoké reliabilitě testu. Za spodní přijatelnou hranici se obvykle požaduje deset úloh. Horní hranice počtu úloh je dána většinou především časem, který je možno testu věnovat. Samozřejmě, především v nižších ročnících, je třeba brát ohled i na to, jak dlouho se dokážou žáci soustředit. Počet úloh vztahujících se k jednotlivým dílčím tématům odpovídá váze, kterou jsme tématu přisoudili. Dále je třeba u každé úlohy uvážit, jakou úroveň osvojení poznatků má zkoušet. Z hlediska kvality osvojovaných vědomostí a dovedností je pochopitelně žádoucí preferovat vyšší úrovně osvojení. Test by se neměl zaměřovat jen na pamětní osvojení, ale i na vyšší kategorie poznávacích cílů jako je porozumění, aplikace, analýza a syntéza poznatků, hodnocení (podrobně např. v [34]).

Tabulka 2.1 je příkladem specifikační tabulky pro test *Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin* z učiva fyziky ve druhém ročníku čtyřletého gymnázia. Jednotlivé úrovně osvojení (ozn. A, B, C, D) jsou úrovně dle Niemierkovy taxonomie výukových cílů, která je použita při sestavování vlastních testů (viz podkapitoly 9.1, 10.1, 11.1, 12.1). Niemierkova taxonomie výukových cílů převzatá z [2] je uvedena v tabulce 2.2.

Tabulka 2.1: Příklad specifikační tabulky

Obsah	Počet hodin		Počet úloh		Úroveň osvojení			
					A	B	C	D
Krystalické a amorfní látky, krystalová mřížka a její poruchy	2	17 %	2	17 %	2	-	-	-
Deformace pevného tělesa	1	8 %	1	8 %	-	-	-	1
Normálové napětí, Hookův zákon	2	17 %	2	17 %	-	1	1	-
Teplotní roztažnost pevných těles a její užití v praxi	2	17 %	2	17 %	-	-	1	1
Povrchová vrstva kapaliny, povrchová síla	1	8 %	1	8 %	1	-	-	-
Povrchové napětí, jevy na rozhraní	2	17 %	2	17 %	1	-	-	1
Kapilarita	1	8 %	1	8 %	-	1	-	-
Teplotní objemová roztažnost kapalin	1	8 %	1	8 %	-	-	1	-
Celkem	12	100 %	**12**	100 %	**4**	**2**	**3**	**3**

Tabulka 2.2: Niemierkova taxonomie výukových cílů

A Zapamatování poznatků
Této kategorie je dosaženo, jestliže je student schopen vybavit si určitá fakta (např. termíny, zákony), přičemž je nesmí mezi sebou zaměňovat.
B Porozumění poznatkům
V tomto případě je již student schopen zapamatované poznatky předložit v jiné formě než v té, ve které si je zapamatoval, dovede poznatky uspořádat nebo zestručnit.
C Používání vědomostí v typových situacích
U této kategorie dovede student použít vědomostí k řešení situací, které ve výuce již byly řešeny.
D Používání vědomostí v problémových situacích
Student dovede použít vědomostí k řešení problémových situací, které nebyly ve výuce dosud řešeny.

Naplánování testu ***technikou seznamu výukových cílů*** spočívá v tom, že si autor sepíše konkrétní seznam výukových cílů, které by student měl být schopen splnit. Těchto výukových cílů by měl být co nejvyšší počet, především dbáme na to, aby žádný důležitý cíl nezůstal opomenut. Počet úloh, které ověřují, zda žák dokáže příslušný cíl splnit, se stanovuje podobně jako u specifikační tabulky, např. podle počtu vyučovacích hodin, které jsou potřeba k tomu, aby žák příslušnou schopnost získal. V případě takovéhoto plánování testu již nemusíme určovat úrovně osvojení poznatků u jednotlivých úloh, protože ty přímo vyplývají z konkrétní formulace cíle.

Příklad: Seznam výukových cílů pro test „Mechanika tekutin“ v prvním ročníku čtyřletého gymnázia.

Po probrání výše uvedeného tematického celku má být student schopen:

1. Vypočítat tlak, je-li zadána velikost působící síly a obsah plochy, na kterou síla kolmo působí.
2. Vypočítat hydrostatický tlak v zadané hloubce dané kapaliny.

3. Určit tlakovou sílu působící na těleso v určité hloubce dané kapaliny (včetně uvážení příspěvku atmosférického tlaku).
4. Vypočítat velikost rychlosti proudění kapaliny v zúžené trubici, je-li dána velikost rychlosti v širší části trubice a obsahy průřezů v obou částech trubice.

Atd.

2.2 Konstrukce didaktického testu

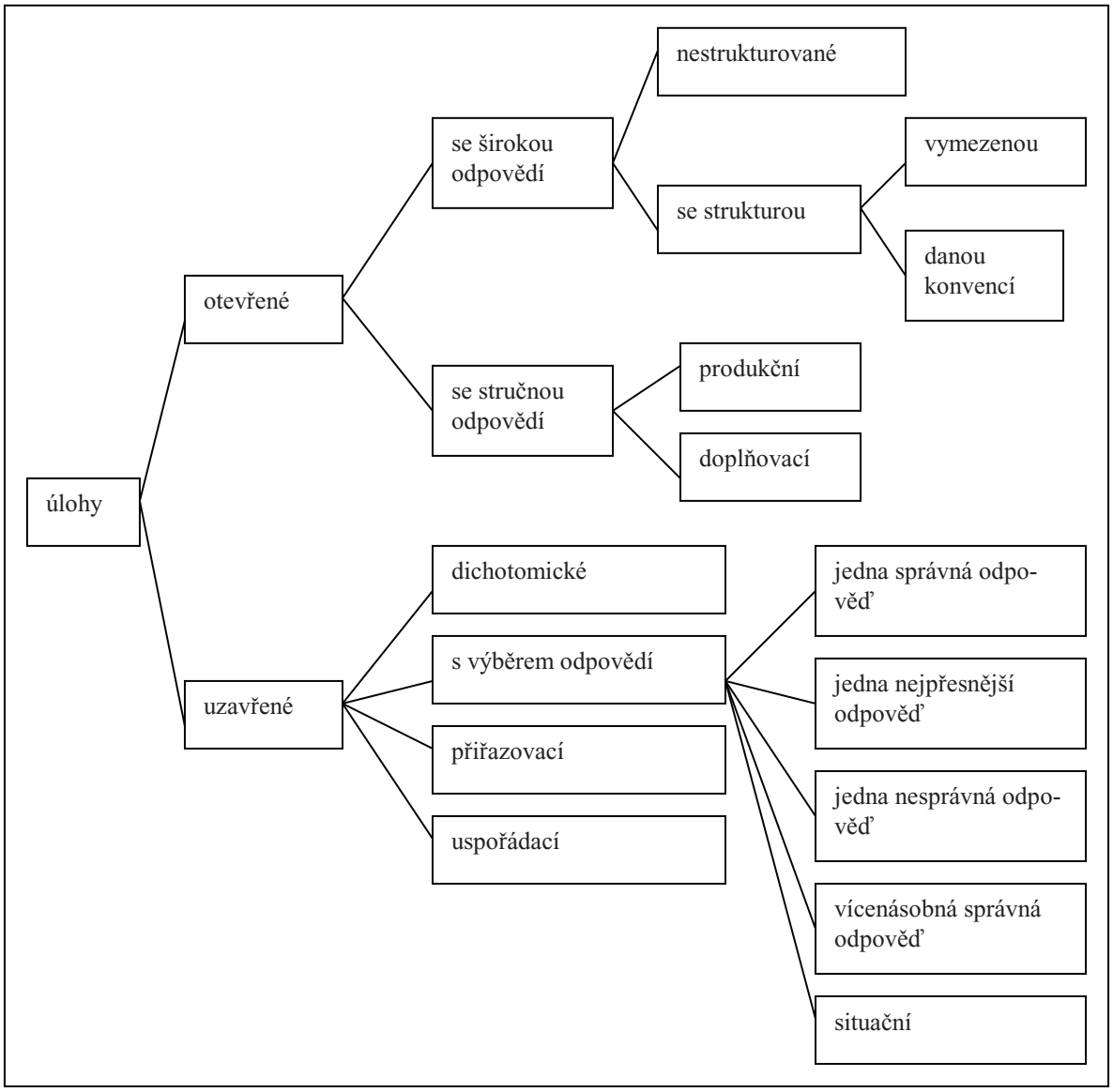
Pokud je test naplánován, mělo by být jasné, co, kolika úlohami a na jaké úrovni má být zkoušeno. Nyní je třeba zkonstruovat samotné úlohy a vytvořit návrh prototypu (první varianty) testu. Autor musí rozhodnout, jaký typ úloh v testu použije. O jednotlivých druzích testových úloh pojednává kapitola 3. Popis úloh a příklady byly převzaty a upraveny z mé diplomové práce [10].

3 Druhy testových úloh

Testové úlohy jsou základem didaktického testu a jejich navrhováním začínáme vlastní konstrukci testu. Testovou úlohou je otázka, úkol nebo problém obsažený v testu. Používá se též terminologie *testová položka* nebo *testový úkol*, v praxi nejčastěji otázka, úkol nebo příklad. Navrhování testových úloh není vůbec jednoduché, autor by se měl umět vcítit do role studentů, které chce testovat.

Testových úloh existuje mnoho druhů a ne všechny se hodí k danému účelu. Každý druh má svoje vlastnosti, výhody i nevýhody. Na autorovi testu je, který druh úloh při testování odůvodněně použije a do jaké míry je vhodné použít více různých druhů úloh. Základní rozdělení testových úloh ukazuje tabulka 3.1. (Převzato z [2] a upraveno.)

Tabulka 3.1: Základní druhy testových úloh



3.1 Otevřené úlohy

3.1.1 Úlohy se širokou odpovědí

V těchto druzích úloh student formuluje vlastní rozsáhlejší odpověď. Její podoba může být buď zcela ponechána na testovaném (nestrukturovaná položka), nebo je vyžadována jistá struktura odpovědi. Tato struktura je buď vymezena v zadání úlohy, nebo je dána konvencí, o které se předpokládá, že ji student zná.

Příklad nestrukturované položky: Vysvětlete, proč jsou na mořském pobřeží menší teplotní rozdíly mezi dnem a nocí než ve vnitrozemí.

Příklad položky s vymezenou strukturou: Načrtněte do *p-V* diagramu Carnotův cyklus a popište jednotlivé děje z hlediska konání práce, výměny tepla a změn vnitřní energie.

Příklad položky se strukturou danou konvencí: Popište činnost čtyřdobého zážehového motoru.

Otevřené úlohy se širokou odpovědí jsou vhodné hlavně pro zkoušení komplexních vědomostí a dovedností s vyšší úrovní osvojení učiva (řešení problémových situací, apod.). Velkou nevýhodou těchto úloh je nemožnost objektivního skórování. Úlohy, ve kterých má žák ukázat své komplexní vědomosti, lze samozřejmě rozložit na úlohy dílčí, jejichž hodnocení by bylo objektivnější, avšak zvládnutí dílčích dovedností ještě neznamená zvládnutí dovedností komplexních. Proto mají i otevřené úlohy se širokou odpovědí nezastupitelné místo při ověřování vědomostí a dovedností žáků formou testů. Skórování těchto úloh se často provádí tak, že za správné vyřešení celé úlohy se přisoudí určitý počet bodů a za každý chybný krok se určitý počet bodů strhává. U některých úloh lze vytvořit detailní postup, podle kterého se bude hodnotit, a zajistit tak co největší objektivitu skórování. Tento postup pak musí být popsán (kromě jiných charakteristik testu) v tzv. *testové příručce*. Testy sestavené z širokých otevřených úloh se často nazývají *esej testy*.

3.1.2 Úlohy se stručnou odpovědí

Úlohy se stručnou odpovědí požadují na testovaném vlastní krátkou odpověď. Tou může být jedno slovo, konkrétní hodnota veličiny, vzorec, apod. jako odpověď na otázku položenou v zadání úlohy (úlohy produkční) nebo student doplňuje (slova, čísla, atd.) na místa vynechaná v předepsaném textu (úlohy doplňovací). Proto je třeba, aby úloha měla zcela jasně a jednoznačně formulované zadání.

Příklad produkční úlohy: Vyjmenujte všechny základní jednotky soustavy SI.

Příklad doplňovací úlohy: Sítnice lidského oka je pokryta dvěma typy světločivných buněk. Barevné vidění zajišťují ..... a černobílé ..... .

Výhodou otevřených úloh se stručnou odpovědí je, že se snadno opravují a student nemůže uhádnout odpověď tak lehce jako u úloh s výběrem odpovědi. Velkou nevýhodou těchto úloh je, že v některých případech může student odpovědět jen částečně správně nebo zcela správně, ale jinak, než si představoval autor testu. Proto je třeba při sestavování těchto úloh dodržovat některé zásady (převzato a upraveno podle [2]):

1. Úloh užíváme jen tehdy, je-li možné odpovědět velmi stručně, nejlépe jedním údajem.
2. Nevyžadujeme doslovné opakování textu z učebnice.

3. Zvážíme všechny možné odpovědi, a je-li jich mnoho, úlohu raději nepoužijeme. V ideálním případě má správná odpověď jen jednu možnou podobu. Proto úlohu formulujeme zcela jasně a jednoznačně.
4. V úloze ponecháme vždy dostatek místa pro uvedení odpovědi.
5. V případě doplňovacích úloh vynecháváme jen důležité údaje a z neúplné věty musí být jasně patrné, co se má doplnit.
6. Pokud se má doplnit několik údajů, vynecháme pro doplnění přibližně stejné místo.

3.2 Uzavřené úlohy

Při řešení uzavřených úloh testovaný netvoří svou vlastní odpověď, ale vybírá ji z nabídnutých odpovědí (dichotomické úlohy a úlohy s výběrem odpovědí), nebo uspořádává či vzájemně přiřazuje dané objekty (uspořádací a přiřazovací úlohy).

3.2.1 Dichotomické úlohy

V dichotomické úloze se testovanému nabízejí dvě možné odpovědi, z nichž jedna je správná. Často se v těchto úlohách odpovídá ano - ne, správně - nesprávně, platí - neplatí, apod. Výhodou je, že se snadno navrhují, nevýhodou je vysoká pravděpodobnost (v případě jedné položky 50 %) uhádnutí správné odpovědi. Proto je třeba, aby test sestavený z dichotomických úloh obsahoval těchto úloh velký počet.

Příklad: Rozhodněte, zda dané tvrzení je správné: U dna rybníka působí na ryby větší tlaková síla vody než u jeho hladiny. ano – ne

3.2.2 Úlohy s výběrem odpovědí

Tento typ úloh je v testech nejčastěji používán. Úloha obsahuje *kmen* (zadání úlohy) a několik *alternativ* (odpovědí), z nichž testovaný vybírá.

a) Úlohy typu „jedna správná odpověď“: Mezi několika nabízenými odpověďmi je právě jedna správná.

Příklad: Při izochorickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je tlak plynu:

a) přímo úměrný objemu plynu

b) přímo úměrný teplotě plynu

c) nepřímo úměrný objemu plynu

d) nepřímo úměrný teplotě plynu

b) Úlohy typu „jedna nejpřesnější odpověď“: Úloha požaduje po testovaném, aby vybral odpověď, která nejlépe či nejpřesněji vystihuje situaci. Pro studenty bývají tyto úlohy velice obtížné.

Příklad: Které z následujících tvrzení <u>nejpřesněji</u> odpovídá na otázku: „Co vyjadřuje fyzikální veličina zrychlení?“

a) Zrychlení vyjadřuje změnu vektoru rychlosti za jednotku času.

b) Zrychlení vyjadřuje, jak rychle se mění rychlost.

c) Zrychlení vyjadřuje změny rychlosti.

d) Zrychlení vyjadřuje, jak se mění velikost rychlosti.

c) Úlohy typu „jedna nesprávná odpověď“: Alternativy mohou také nabízet mezi několika správnými odpověďmi na danou otázku jednu odpověď nesprávnou. Tu má pak testovaný označit. V těchto případech je vhodné graficky upozornit (např. tučným písmem), že se vybírá nesprávná odpověď, aby nedošlo k chybě jen vinou přehlédnutí testovaného.

Příklad: Která z následujících rovnic **není** stavovou rovnicí ideálního plynu ? (Pozn.: Použité značky veličin jsou v souladu s učebnicí [28].)

a) $pV = NkT$

b) $pV = \frac{m}{M_m} RT$

c) $pV = nRT$

d) $pV = mRT$

d) Úlohy s vícenásobnou správnou odpovědí: K zadané otázce může být nabízeno více správných odpovědí než jedna. Na tuto skutečnost je třeba žáky upozornit. Hodnocení těchto úloh je samozřejmě složitější než úloh s právě jednou správnou odpovědí, protože kromě zcela správné a zcela nesprávné existuje ještě několik částečně správných odpovědí. (Např. testovaný neoznačí všechny správné alternativy, ale jen některé.)

Příklad: Při izotermické expanzi s ideálním plynem:

a) plyn koná práci

b) roste tlak plynu

c) zvyšuje se vnitřní energie plynu

d) nemění se vnitřní energie plynu

e) plyn přijímá teplo

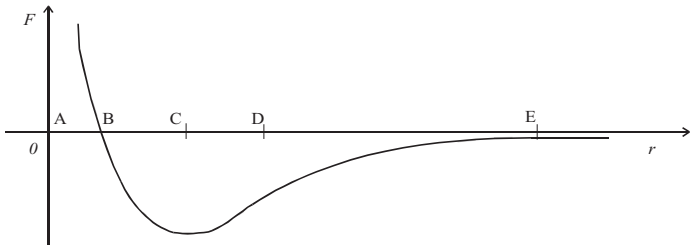
f) snižuje se objem plynu

K hodnocení se používají dvě metody. V prvním případě postupujeme podobně jako při binárním hodnocení klasické uzavřené úlohy - za zcela správnou odpověď přidělíme jeden bod, za odpověď, která obsahuje (byť jen jednu) chybu, nula bodů. Ve druhém případě přidělujeme jeden pomocný bod za každou správnou označenou odpověď a jeden pomocný bod za každou nesprávnou neoznačenou odpověď. Počet bodů za úlohu je pak součet získaných pomocných bodů dělený počtem nabídek v úloze.

V úloze, která je uvedena jako příklad, jsou správné odpovědi a), d) a e). Skórujeme-li první výše popsanou metodou, za tuto kombinaci přidělíme jeden bod, za jakoukoli jinou odpověď nula bodů. Při skórování druhou metodou je spektrum možných získaných bodů mnohem širší. Jeden bod dostane testovaný taktéž za označení odpovědí a), d) a e), nula bodů by získal při označení všech nesprávných odpovědí, tj. b), c), f). Označí-li testovaný např. kombinaci a), d), f), získá dva pomocné body za správně označené odpovědi a) a d) a dva pomocné body za neoznačené nesprávné odpovědi b) a c). Skóre úlohy je součet pomocných bodů dělený počtem nabídek, tj. 2/3 bodu.

e) Situační úlohy: Tyto úlohy nabízejí velké množství nabízených odpovědí, které ovšem nejsou vyjmenovány, ale vyplývají ze zadání úlohy.

Příklad: Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzdálenosti *r*.



Pomocí bodů vyznačených v grafu (A, B, C, D, E) určete maximální interval vzdáleností dvou částic tak, aby platilo: Částice se přitahují a přitažlivá síla mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností.

Nabízené možnosti sice nejsou vyjmenovány, ale je jasné, že žák musí volit některou z deseti dvojic sestavených z písmen A, B, C, D, E.

Hlavní výhodou uzavřených položek je objektivita jejich skórování. Výsledky těchto úloh lze rychle a přehledně zpracovat a přitom úlohy objektivně hodnotit. Uzavřené položky mají samozřejmě také svoje nevýhody. Už jenom jejich konstrukce je pro autora daleko náročnější než konstrukce úloh otevřených. Zatímco u otevřené úlohy je třeba vymyslet pouze zadání, zde musí autor zformulovat ještě několik variant odpovědi. Velkým problémem bývá formulace nesprávných odpovědí, tzv. *distraktorů*. Hodně úloh obsahuje tzv. nepravděpodobné distraktory. To jsou ty, které i nepřipravený žák rychle pozná, vyloučí a hádá správnou odpověď ze zbylých nabídek. Tím se značně zvyšuje pravděpodobnost uhodnutí správné odpovědi. Úloha se správně zvolenými distraktory by měla nabízet odpovědi, které se zcela nepřipravenému žákovi jeví všechny stejně pravděpodobné.

Dalším problémem je nebezpečí náhodného uhodnutí. V otevřených úlohách je pravděpodobnost sestavení správné odpovědi zcela nepřipraveným studentem velmi malá. V uzavřených úlohách závisí tato pravděpodobnost na počtu nabízených odpovědí. Pravděpodobnost uhodnutí se samozřejmě snižuje se zvyšujícím se počtem nabídek. Velké množství odpovědí však činí úlohu nepřehlednou a hlavně je značně obtížné sestavit velký počet kvalitních distraktorů. Problémem je i čas strávený čtením velkého počtu alternativ. V současné době nabízí většina úloh čtyři odpovědi.

Uzavřené úlohy také neověřují aktivní znalost, ale pouze tzv. znovupoznání. Stává se, že student by sám odpověď na otázku nevytvořil, ale mezi nabízenými ji rozpozná. Úlohy tohoto typu tedy nejsou vhodné pro posuzování aktivního zvládnutí učiva.

3.2.3 Přiřazovací úlohy

Přiřazovací úlohy obsahují dvě množiny pojmů. Student má za úkol správně přiřadit prvky jedné množiny k prvkům druhé. Kvůli omezení hádání by v jedné množině měl být větší počet prvků než ve druhé.

Příklad: K jednotlivým dějům Carnotova cyklu vypsaným v levém sloupci (ozn. 1.–4.) přiřaďte správně tvrzení z pravého sloupce (ozn. A.-F.).

1. izotermická expanze	A. Plyn přijímá teplo, koná práci.
2. adiabatická expanze	B. Plyn odevzdává teplo, koná práci.
3. izotermická komprese	C. Plyn nevyměňuje teplo s okolím, vnější síly konají práci na něm.
4. adiabatická komprese	D. Plyn odevzdává teplo, vnější síly konají práci na něm.
	E. Plyn odevzdává teplo, vnější síly konají práci na něm.
	F. Plyn přijímá teplo, vnější síly konají práci na něm.

3.2.4 Uspořádací úlohy

Tyto úlohy od studenta vyžadují uspořádat nějakou množinu pojmů podle kritéria, které je uvedeno v zadání úlohy.

Příklad: Máme k dispozici stejně velké polévkové lžíce z a) hliníku, b) oceli, c) plexiskla, d) skla, e) stříbra. Lžíce ponoříme jedním koncem do horké polévky. Seřaďte materiály, ze kterých jsou lžíce vyrobeny, podle toho, jak rychle pocítíme ohřívání druhého konce lžíce. Jako první uveďte materiál, ze kterého vyrobená lžíce se ohřeje první.

Literatura [1] doporučuje skórovat uspořádací úlohy binárně (tj. za správné pořadí všech pojmů získá student jeden bod, za jakékoli jiné uspořádání nula bodů) pouze v případech, kde je úkolem uspořádat maximálně 3 – 4 pojmy. Při větším počtu pojmů k uspořádání je však binární skórování málo citlivé, užívá se proto složitější, ale citlivější skórování podle odchylek od správného pořadí. Skór studenta x se určuje podle vztahu

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{N} dif_i^{\max} - \sum_{i=1}^{N} dif_i}{\sum_{i=1}^{N} dif_i^{\max}}, \qquad (1)$$

kde N je počet pojmů k uspořádání, dif_i je odchylka pojmu i od správného pořadí a $dif_i^{\max}$ je maximální odchylka pojmu i od správného pořadí.

Jako příklad je uvedeno skórování výše uvedené úlohy v tabulce 3.2.

Tabulka 3.2: Příklad skórování uspořádací úlohy

Pojmy	Správné pořadí	Obrácené pořadí	Maximální odchylky	Pořadí uvedené studentem X	Odchylky u studenta X
a) hliník	2	4	2	1	1
b) ocel	3	3	0	4	1
c) plexisklo	5	1	4	5	0
d) sklo	4	2	2	3	1
e) stříbro	1	5	4	2	1

Součet maximálních odchylek je 12, součet odchylek studenta X je 4. Skór studenta X v této úloze je dle výše uvedeného vztahu $\frac{12-4}{12}=\frac{2}{3}$.

Obecně pro tvorbu všech položek v testu platí, že by měly být vzájemně nezávislé, tzn., aby vyřešení jedné úlohy nebylo vázáno na vyřešení jiné. Dáváme pozor na to, aby úloha neobsahovala tzv. nezamýšlenou nápovědu. Nepoužíváme úloh kvízového charakteru ani tzv. „chytáků“, u nichž zkoušíme např. postřeh, ale ne to, jak žák zvládl učivo.

4 Analýza vlastností testových úloh

Při ověřování didaktického testu se zajímáme, jaké mají vlastnosti jednotlivé úlohy. Kvalitní úlohy jako samotný základ testu jsou samozřejmě nutnou (nikoli však postačující) podmínkou kvalitního testu. V souladu s literaturou (např. [1], [2], [4]) se zde zaměříme na tři základní charakteristiky úloh – obtížnost, citlivost a nenormované odpovědi.

4.1 Obtížnost úloh

Jak je zřejmé z názvu, tato charakteristika vypovídá o tom, jak je daná úloha pro testované obtížná. Obtížnost úlohy se posuzuje podle toho, kolik studentů (z celkového počtu studentů řešících test) vyřešilo danou úlohu správně. *Hodnota obtížnosti* Q_i i-té úlohy je definována vztahem

$$Q_i = \frac{n_{n,i}}{n} \cdot 100\%, \tag{2}$$

kde $n_{\mathrm{n,i}}$ je počet studentů, kteří v i-té úloze odpověděli nesprávně nebo neodpověděli a n je celkový počet testovaných. Z výše uvedeného vztahu je tedy zřejmé, že hodnota obtížnosti udává v procentech relativní počet studentů, kteří nebyli úspěšní při řešení dané úlohy. Vysoká hodnota obtížnosti Q_i tedy signalizuje obtížnou úlohu, naopak je-li Q_i malé číslo, jedná se o úlohu snadnou. Snadno lze nahlédnout, že takto zavedená obtížnost závisí na účastnících testování.

V některé literatuře (např. [2]) se zavádí *index obtížnosti* P_i i-té úlohy jako procento testovaných, kteří tuto úlohu vyřešili správně. Veličina P_i je definována vztahem

$$P_i = \frac{n_{s,i}}{n} \cdot 100\%, \tag{3}$$

kde $n_{\mathrm{s},i}$ je počet studentů, kteří v i-té úloze odpověděli správně a n je celkový počet testovaných studentů.

Je zřejmé, že mezi hodnotou obtížnosti Q_i a indexem obtížnosti P_i i-té úlohy platí vztah

$$Q_i = 100\% - P_i. \tag{4}$$

Velmi snadných a velmi obtížných úloh by v testu nemělo být příliš mnoho. Extrémně snadné úlohy s Q blížící se 0 % a extrémně obtížné úlohy s Q blížící se 100 % bychom měli z testu vyloučit. Z psychologických důvodů, k uklidnění žáků, je vhodné zařadit velmi snadné úlohy na začátek testu.

4.2 Citlivost úloh

Citlivost úlohy, někdy též nazývaná rozlišovací schopnost nebo senzibilita, vypovídá o tom, jak úloha rozlišuje mezi studenty různé úrovně. Je-li úloha citlivá, znamená to, že dobří studenti jsou v jejím řešení úspěšní, zatímco slabší studenti nikoli. V řešení necitlivé úlohy jsou naopak slabší studenti úspěšnější než studenti dobří. O tom, kdo je lepší a kdo slabší, se obvykle rozhoduje na základě výsledku celého testu. Studentům jsou za jejich výkon v testu přiděleny body a podle nich se sestupně seřadí do tabulky. Horní polovina tabulky se považuje za studenty lepší a dolní polovina za horší. Je-li testovaných dostatečné množství ([1] uvádí alespoň 40), stačí počítat např. s třetinou nejlepších a s třetinou nej-

horších studentů. Následně se posuzuje, kolik studentů z lepší a kolik z horší skupiny řešilo úspěšně danou úlohu.

Exaktně se citlivost úlohy posuzuje podle tzv. *koeficientu citlivosti*. Těchto koeficientů existuje více, všechny však nabývají hodnot od –1 do 1. Přitom čím vyšší je koeficient citlivosti, tím lépe úloha rozlišuje dobré a slabé studenty. Koeficient citlivosti blížící se –1 znamená, že úlohu řeší úspěšně spíše studenti slabší než dobří. Koeficient citlivosti rovný nule znamená, že úloha vůbec nerozlišuje dobré a slabé studenty.

Nejjednodušším koeficientem citlivosti je tzv. *koeficient ULI* (upper – lower – index). Jeho hodnota d je definována vztahem (upraveno podle [2])

$$d = \frac{n_L - n_H}{\frac{1}{a} \cdot n}, \tag{5}$$

kde n_L je počet studentů z lepší skupiny, kteří danou úlohu vyřešili správně, n_H je počet studentů z horší skupiny, kteří danou úlohu vyřešili správně, n je celkový počet studentů a a udává počet částí, na které rozdělíme studenty při vybírání lepší a slabší skupiny (např. při rozdělení na polovinu lepších a polovinu horších je $a = 2$).

Citlivost se dá vypočítat podle několika vzorců, Chráska v [2] uvádí kromě ULI tetrachorický koeficient citlivosti a bodově biseriální koeficient citlivosti.

K výpočtu *tetrachorického koeficientu citlivosti* je třeba pro každou úlohu sestavit čtyřpolní tabulku, která udává, kolik studentů z obou skupin (lepší a horší) odpovědělo správně a nesprávně (nebo neodpovědělo). Schéma čtyřpolní tabulky ukazuje tabulka 4.1.

Tabulka 4.1: Čtyřpolní tabulka

	Počet správných odpovědí	Počet nesprávných a chybějících odp.
Skupina lepších	a	b
Skupina horších	c	d

Tetrachorický koeficient citlivosti r_{tet} je pak definován vztahem (viz [2])

$$r_{tet} = \cos\left(180 \cdot \frac{\sqrt{bc}}{\sqrt{bc} + \sqrt{ad}}\right). \tag{6}$$

Bodově biseriální koeficient citlivosti r_{bbis} se vypočítá podle vzorce (viz [2])

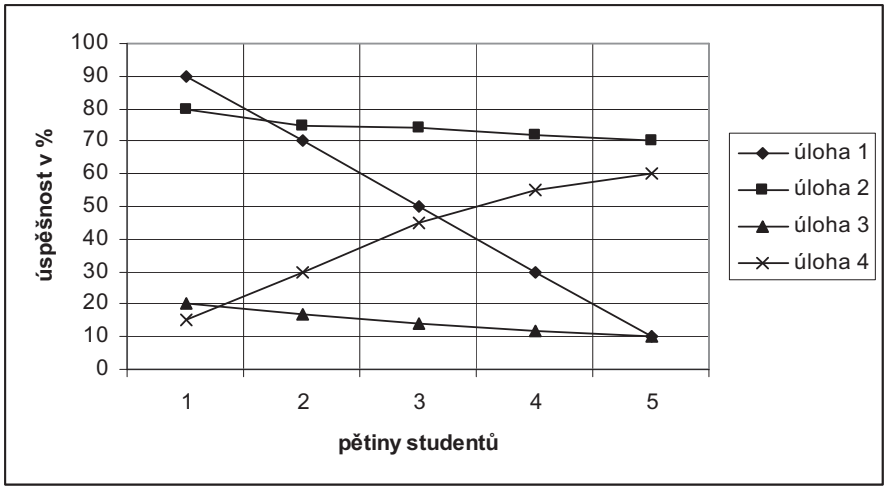
$$r_{bbis} = \frac{\overline{x}_s - \overline{x}_n}{s_x} \cdot \sqrt{pq}, \tag{7}$$

kde $\overline{x}_s$ je průměrný počet bodů v testu u studentů, kteří danou úlohu řešili správně, $\overline{x}_n$ je průměrný počet bodů u studentů, kteří danou úlohu řešili nesprávně, s_x je směrodatná odchylka vypočtená ze všech testových výsledků, $p = 0{,}01\ P$, kde P je index obtížnosti úlohy a $q = 1 - p$.

Citlivost lze posoudit také graficky. To je velice názorně ukázáno v [11]. Vzorek testovaných studentů se rovnoměrně rozdělí např. na pětiny a pro každou pětinu vypočítáme úspěšnost úlohy, tj. relativní četnost správných odpovědí. Tyto hodnoty pak vyneseme do grafu, kde na vodorovné ose jsou pětiny (skupiny) studentů a na svislé ose úspěšnost úlohy.

V takovém grafu pak na první pohled vidíme, jak úloha rozlišuje mezi skupinami studentů různé úrovně.

Obr. 4.1: Příklad znázornění různě citlivých úloh



Na obrázku 4.1 jsou znázorněny čtyři úlohy s různou citlivostí. Nejlepší citlivost má úloha 1 – graf má klesající tendenci od 90 % ve skupině nejlepších až k 10 % v nejhorší skupině. Zcela nevyhovující citlivost má úloha 4, kterou lépe řešili horší studenti, ve skupině nejlepších je její úspěšnost nejnižší a graf je rostoucí. Úlohy 2 a 3 jsou téměř necitlivé, protože jejich křivky jsou téměř vodorovné. Znamená to, že studenti všech úrovní řešili tyto úlohy přibližně stejně úspěšně. V případě úlohy 2 je to dáno pravděpodobně tím, že byla příliš snadná (vyřešila ji většina i nejslabších studentů). Úloha 3 byla naopak nejspíše příliš obtížná.

4.3 Analýza nenormovaných odpovědí

Provést analýzu nenormovaných odpovědí znamená, že učiníme rozbor odpovědí vynechaných a nesprávných.

Je dobré zaměřit se na úlohy, které vynechal velký počet testovaných. Příčinou tohoto stavu nemusí být jen vysoká obtížnost úlohy (z definice hodnoty obtížnosti je zřejmé, že u této úlohy bude Q vysoké), ale i např. její špatná formulace a z toho plynoucí nepochopení zadání ze strany studentů, nedostatek času na řešení, apod.

Co se týče nesprávných odpovědí, rozbor se přirozeně liší podle toho, zda se jedná o úlohy uzavřené či otevřené. U uzavřených úloh bychom se měli zaměřit na to, zda všechny distraktory jsou dostatečně atraktivní. Distraktor, který volí velice málo studentů nebo téměř nikdo, zbytečně úlohu zatěžuje. Měl by být proto odstraněn a nahrazen distraktorem novým, atraktivnějším. V ideálním případě by student, který odpověď nezná, měl volit mezi distraktory více méně náhodně. Formulace takto kvalitních distraktorů je největším problémem při konstrukci úloh s výběrem odpovědí.

U otevřených úloh můžeme studentské chyby rozdělit na hlavní a vedlejší. Hlavní chyby jsou způsobeny skutečnou neznalostí učiva, zatímco vedlejší chyby různými náhodnými vlivy jako jsou přehlédnutí, numerická chyba, apod. Je dobré vyloučit z testu takové úlohy, v nichž převažuje počet vedlejších chyb nad počtem hlavních chyb. To totiž vypovídá o tom, že úspěch v řešení závisí spíše na náhodných vlivech, než na stupni zvládnutí učiva, který testem chceme zkoušet.

5 Ověřování a optimalizace didaktického testu

Přes veškerou pečlivost při plánování a konstrukci testu nemůžeme vědět, jaké bude mít test vlastnosti, dokud ho nevyzkoušíme na nějakém vzorku studentů. Čím bude tento vzorek větší, tím důvěryhodnější výsledky získáme. Zjišťování vlastností samotných testových úloh bylo již popsáno v kapitole 4. Zde se zaměříme na zjišťování nejpodstatnějších popisných statistických charakteristik testu jako celku a jeho validity a reliability.

5.1 Statistické charakteristiky didaktického testu

Předtím, než přistoupíme ke statistickému zpracování výsledků testu, je třeba znát tzv. *skórování*, tj. kolik bodů přiřadíme studentovi za správné vyřešení každé položky (tato skutečnost by ovšem měla být známa ještě před samotným zadáváním testu). Zvláště u testů sestavených z uzavřených úloh se často používá tzv. *binární skórování*, tj. za každou správně vyřešenou úlohu získá student jeden bod. Součet získaných bodů pak tvoří *hrubý skór* (*HS*) studenta, v případě binárního skórování tedy hrubý skór udává počet správně vyřešených úloh.

Pro přehled o výsledcích testované skupiny je vhodné sestavit tabulku a graf znázorňující četnosti získaných hrubých skórů (histogram rozdělení četností *HS*). Je-li počet studentů dostatečně velký, vzorek náhodně vybraný a test kvalitní, získaný histogram je blízký Gaussově křivce normálního rozdělení.

5.1.1 Základní statistické charakteristiky

Zaměříme se na charakteristiky polohy – aritmetický průměr a medián - a charakteristiky variability – směrodatnou odchylku, rozptyl a variační šíři.

Nechť binárně skórovaný test řešilo n studentů. Označme x_i hrubý skór i-tého studenta. Pak *aritmetický průměr* (průměrný *HS*) $\bar{x}$ je

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \,. \tag{8}$$

Medián je definován následujícím způsobem (podle [12]). Je-li počet n hodnot x_i lichý, pak medián je prostřední hodnota co do velikosti. Pokud je n sudé číslo, pak za medián volíme aritmetický průměr dvou prostředních hodnot x_i. Medián je tedy taková hodnota *HS*, že tuto hodnotu a vyšší má alespoň $n/2$ studentů a tuto hodnotu a nižší má také alespoň $n/2$ studentů.

Rozptyl s^2 je dán vztahem

$$s^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x} \right)^2 , \tag{9}$$

druhá odmocnina z rozptylu s je *směrodatná odchylka*.

Variační šíře je rozdíl mezi maximální a minimální získanou hodnotou *HS* studentů.

5.1.2 Ověření normality získaných dat

Výsledek testu (tj. hrubý skór studenta) je ze statistického hlediska náhodná veličina. V případě dostatečně velkého vzorku studentů a přiměřeného testu (tj. test není příliš jed-

noduchý ani příliš složitý a studenti se snaží pracovat co nejlépe podle svých schopností) mají četnosti hrubého skóru (dále jen *HS*) přibližně normální rozdělení. Z tohoto rozdělení lze určit pravděpodobnost výskytu určité hodnoty *HS*. Hustota této pravděpodobnosti je dána frekvenční funkcí

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \tag{10}$$

kde μ je střední hodnota, σ^2 rozptyl a σ směrodatná odchylka.

Distribuční funkce je pak dána vztahem

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)\,dx \tag{11}$$

a pravděpodobnost výskytu náhodné veličiny (v našem případě *HS* studenta) v intervalu (x_1, x_2) je

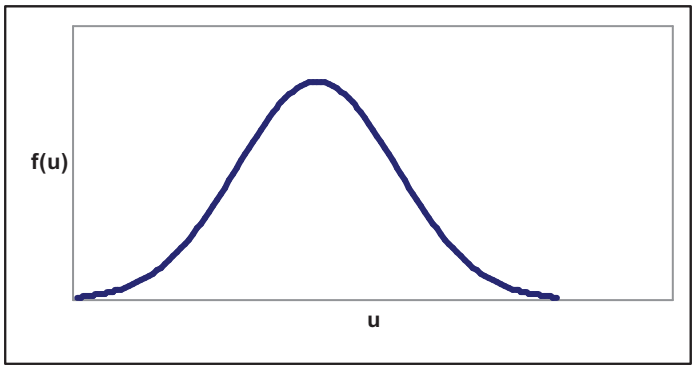
$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x)\,dx\,. \tag{12}$$

Z praktických důvodů udáváme náhodnou veličinu x v odchylkách od střední hodnoty μ vyjádřených ve směrodatných odchylkách σ jakožto jednotkách. Místo veličiny x tedy pracujeme s veličinou

$$u = \frac{x-\mu}{\sigma}, \tag{13}$$

která má normální rozdělení. Náhodná veličina u má hustotu standardního tvaru (viz obr. 5.1) a hodnoty frekvenční funkce jsou tabelovány (např. v [12], [13], [14]).

Obr. 5.1: Hustota normálního rozdělení



Ke zjištění, zda získané četnosti hrubých skórů vykazují normální rozdělení, používáme χ^2 test dobré shody. Ten spočívá v tom, že experimentálně získané četnosti porovnáváme s teoretickými četnostmi, které by odpovídaly tomu, že data jsou normálně rozdělená. Rozdíl mezi naměřenými a očekávanými četnostmi zachycuje testovací statistika

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(n_i - Np_i)^2}{Np_i}, \tag{14}$$

kde k je počet tříd, do kterých rozdělíme možné hodnoty *HS*, n_i naměřené četnosti *HS* a p_i je pravděpodobnost, že *HS* nabyde očekávané hodnoty. Pravděpodobnost p_i určíme ze vztahu

$$p_i = \Phi(u_i) - \Phi(u_{i-1}), \tag{15}$$

kde u je hodnota standardizované náhodné veličiny. Místo μ dosazujeme aritmetický průměr $\bar{x}$ a místo σ dosazujeme směrodatnou odchylku s. Hodnota Np_i je potom očekávaná (teoretická) četnost za předpokladu, že data mají normální rozdělení.

Počet stupňů volnosti χ^2 rozdělení je při tomto postupu roven $f = (k - 1) - 2$. Jednou omezující podmínkou je totiž součet všech četností, který musí být roven počtu řešitelů testu a dvě podmínky jsou dosazený aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Je-li $\chi^2 < \chi^2_\alpha$, kde χ^2_α je kritická hodnota χ^2 rozdělení s f stupni volnosti, můžeme říci, že získaná data na hladině významnosti α neodporují normálnímu rozdělení.

Podrobný popis testu χ^2 lze nalézt v řadě statistické literatury, např. [12], [13].

5.1.3 Korelace

Závislost mezi dvěma veličinami měříme pomocí *korelačního koeficientu*. Při statistickém zpracování výsledků testu se často určuje korelace mezi jednotlivými položkami a celkovým výsledkem testu (*HS*) a mezi jednotlivými položkami navzájem.

Závislost nula-jedničkové a spojité veličiny (v našem případě binárně hodnocené položky a hrubého skóre) měříme klasickým (Pearsonovým) korelačním koeficientem vyjádřeným pomocí průměrů (bodově biseriální korelační koeficient), dle [13]:

$$r_{bis} = \frac{\overline{y_1} - \overline{y_0}}{s} \cdot \sqrt{\frac{n_0 . n_1}{n.(n-1)}}, \tag{16}$$

kde
n_0 je počet studentů, kteří danou položku vyřešili nesprávně,
n_1 je počet studentů, kteří danou položku vyřešili správně,
$\overline{y_1}$ je průměr hrubých skórů těch studentů, kteří danou položku vyřešili správně,
$\overline{y_0}$ je průměr hrubých skórů těch studentů, kteří danou položku vyřešili nesprávně,
s^2 je rozptyl hrubých skórů.

K vyjádření závislosti dvou nula-jedničkových veličin (binárně hodnocených položek) lze použít čtyřpolní tabulku:

	y		
x	0	1	celkem
0	a	b	a+b
1	c	d	c+d
celkem	a+c	b+d	n

a – počet studentů, kteří zodpověděli obě položky nesprávně
b - počet studentů, kteří zodpověděli položku x nesprávně a zároveň položku y správně
c - počet studentů, kteří zodpověděli položku x správně a zároveň položku y nesprávně
d - počet studentů, kteří zodpověděli obě položky správně

Síla závislosti pak měříme čtyřpolním korelačním koeficientem, dle [12]:

$$r = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}}\,. \tag{17}$$

K prokazování závislosti lze použít statistiku $\chi^2 = n \cdot r^2$. Je-li $\chi^2 \geq \chi^2_\alpha$, kde χ^2_α je kritická hodnota χ^2 rozdělení s jedním stupněm volnosti, můžeme říci, že závislost je prokázána na hladině významnosti α.

5.1.4 Stanovení reliability testu

Každé měření (i měření didaktickým testem) je zatíženo chybou. Označme výsledek měření Y, hodnotu, kterou chceme měřit A, a chybu e. Platí $Y = A + e$ (měření = měřená hodnota + chyba). Dle [14] reliabilitu R_A měřeného znaku A definujeme takto:

$$R_A = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_e^2}\,, \tag{18}$$

kde σ^2_A je rozptyl A a σ^2_e je rozptyl e. V didaktickém testu měříme vědomosti a dovednosti pomocí několika položek, reliabilita testu je pak součtem reliabilit jednotlivých položek. Podle [14] lze dokázat, že dolní odhad reliability α (tzv. Cronbachovo alfa) je

$$\alpha = \frac{m}{m-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^{m} s_j^2}{s_y^2} \right), \tag{19}$$

kde $s_1^2, \ldots, s_m^2$ jsou odhady rozptylu položek, s_y^2 je odhad rozptylu HS a m je počet položek.

Pro nula-jedničkové veličiny, tj. pro binárně skórovaný test, lze Cronbachovo alfa vyjádřit jako tzv. Kuderův – Richardsonův vzorec:

$$\alpha = \frac{m}{m-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^{m} p_j \cdot (1 - p_j)}{s_n^2} \right), \tag{20}$$

kde p_j je relativní četnost správných odpovědí na j-tou úlohu a s_n^2 je odhad rozptylu *HS*.

Reliabilita vyjde vždy menší než jedna, pro spolehlivý test je samozřejmě žádoucí, aby byla co největší.

5.1.5 Stanovení validity testu

Jak je již zmíněno v části 1.2, obsahová validita je posuzována experty. Konstruktová validita se měří buď pomocí srovnání s jiným výzkumným nástrojem, o němž je známo, že má dobrou konstruktovou validitu, anebo je též posuzována experty. Souběžná i predikční validita se také měří pomocí srovnání s nějakým jiným znakem. K porovnání měřené veličiny s nějakým jiným znakem obecně používáme korelační koeficient.

Ke zjištění kriteriální validity se užívá *Spearmanův korelační koeficient* definovaný vztahem (podle [13]):

$$r = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(R_{(i)} - S_{(i)} \right)^2}{n \cdot \left(n^2 - 1 \right)}, \tag{21}$$

kde $R_{(i)}$ je pořadí studenta v testu, $S_{(i)}$ je pořadí studenta podle jiného znaku, např. klasifikace, a n je počet studentů.

5.2 Úprava testu

Po provedení analýzy testových úloh i testu samotného, která je popsána v kapitole 4 a v podkapitole 5.1, získáme přehled o základních vlastnostech testu. Je pravděpodobné, že ne všechny úlohy se ukážou být vhodné a i test jako celek může mít lepší či horší vlastnosti. Podle [2] se nevhodné úlohy vyznačují zejména následujícími vlastnostmi:

- Úloha je příliš obtížná ($Q > 80$ %) anebo příliš snadná ($Q < 20$ %).
- Úloha málo rozlišuje mezi lepšími a slabšími studenty (tzn. má nízký koeficient citlivosti).
- V úloze je příliš mnoho vynechaných odpovědí (u otevřených úloh více než 30 % – 40 %, u uzavřených úloh více než 20 %).
- Počet vedlejších chyb převažuje nad počtem chyb hlavních (u otevřených úloh).
- Studenti nevybírají ze všech nabízených distraktorů, nebo je některý distraktor volen velmi málo (u úloh s výběrem odpovědi).

Nevhodné úlohy doporučuje [2] z testu vyřadit a nahradit je úlohami vhodnějšími. Nechceme-li se úlohy vzdát, protože např. zkouší velmi důležitou část učiva, je dobré pokusit se o její úpravu. U otevřených úloh může pomoci jiná (srozumitelnější) formulace úlohy, u uzavřených úloh změna některého distraktoru.

Pokud je v testu použito více druhů úloh, doporučuje [2] seskupit úlohy jednoho druhu do jedné části testu. Je-li to možné, je vhodné řadit úlohy podle vzrůstající obtížnosti.

Pro zabezpečení samostatné práce studentů při testování je většinou třeba vytvořit dvě (nebo i více) ekvivalentní formy testu. To lze provést např. přeskupením nabízených alternativ v uzavřených úlohách nebo drobnou změnou v zadání úlohy (např. změna číselných údajů), apod. Není však vhodné přeházet pořadí úloh, protože to by mělo být dáno vzrůstající obtížností úloh.

6 Standardizace didaktického testu

Má-li být didaktický test standardizovaný, musí být známy jeho základní vlastnosti a vlastnosti úloh, ze kterých je sestaven. Především však standardizovaný test umožňuje porovnat výsledky studentů, které chceme testovat, s nějakým standardem. Tímto standardem je reprezentativní vzorek studentů (dostatečné velikosti) dané populace, na kterém byl test ověřen, takže jsou známy jeho základní vlastnosti. Při standardizaci testu je třeba zjistit jeho reliabilitu a je-li to možné, pak i validitu. Hlavním smyslem standardizace je však vytvoření určitého testového standardu (testové normy), který umožní zařadit studenta podle dosaženého počtu bodů do určitého žebříčku (stupnice, škály) a tak porovnat jeho výsledky s výsledky reprezentativního vzorku populace, do které student patří. K porovnávání výsledků testovaných slouží řada škál, které jsou popsány např. v [2].

Klasifikaci známkami používanými v naší školní praxi lze provést více způsoby. Standardizované testy jsou obvykle vybaveny klasifikačním standardem. Tento standard je odvozen z bodů nějaké škály, netvoří-li četnosti výsledků normální rozdělení. V opačném případě se vychází z kvantilů normálního rozdělení.

Zde se zaměříme na vytvoření klasifikačního standardu z percentilové škály, která je z používaných škál nejnázornější a nejčastěji používaná, a na vytvoření klasifikačního standardu na základě normálního rozdělení.

6.1 Tvorba klasifikačního standardu z percentilové škály

V této metodě standardizace přiřadíme každému dosaženému počtu bodů v testu tzv. *percentilové pořadí*. To udává, kolik procent studentů ze vzorku dosáhlo horšího výsledku. Tak lze určit relativní postavení studenta v populaci studentů. Pro výpočet percentilového pořadí *PP* daného hrubého skóre se užívá vztah (z [2]):

$$PP = \frac{n_k - \frac{n_i}{2}}{n} \cdot 100\% , \qquad (22)$$

kde n_i je četnost daného hrubého skóru, n je počet testovaných studentů a $n_k = \sum_{t=1}^{i} n_t$ je kumulativní četnost daného hrubého skóru (tj. součet četností daného *HS* a všech menších *HS*).

K vytvoření klasifikační stupnice je nutné zvolit tzv. *procentové ekvivalenty*. Podle [2] se nejčastěji používají rozdělení 7-24-38-24-7, 15-20-30-20-15 nebo 10-20-40-20-10. Např. v prvním případě to znamená, že 7 % nejlepších studentů bude klasifikováno stupněm výborně, 24 % studentů stupněm chvalitebně, 38 % studentů stupněm dobře, 24 % stupněm dostatečně a 7 % studentů bude klasifikováno stupněm nedostatečně. K procentovým ekvivalentům přiřadíme procentové intervaly a jim odpovídající klasifikační stupnici. Tedy např. pro rozdělení 7-24-38-24-7 jsou to intervaly:

Procentový interval	Klasifikační stupeň
0 % - 7 %	nedostatečně
8 % - 31 %	dostatečně
32 % - 69 %	dobře
70 % - 93 %	chvalitebně
94 % - 100 %	výborně

Tabulka 6.1 ukazuje příklad vytvoření klasifikační stupnice. Jsou použita reálná data získaná zadáním testu na téma Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo – Varianta A (viz kapitola 9).

Tabulka 6.1: Vytvoření klasifikační stupnice z percentilové škály

Hrubé skóre	Četnost	Kumulativní četnost	Percentilové pořadí	Klasifikační stupeň
0	1	1	0	5
1	4	5	1	5
2	16	21	4	5
3	38	59	13	4
4	67	126	29	4
5	58	184	48	3
6	43	227	64	3
7	34	261	76	2
8	20	281	85	2
9	15	296	90	2
10	13	309	95	1
11	10	319	98	1
12	1	320	100	1

Klasifikaci lze samozřejmě ještě mírně upravit, např. v tomto případě bodový zisk (*HS*) 7 klasifikovat ještě stupněm dobře.

6.2 Tvorba klasifikačního standardu na základě normálního rozdělení

Stejně jako v případě tvorby klasifikační stupnice z percentilové škály je třeba zvolit procentové ekvivalenty. Procentovým ekvivalentům se pak přiřadí tzv. *normované kvantily* u_p normálního rozdělení $N(0,1)$, tj. rozdělení se střední hodnotou 0 a rozptylem 1, které lze zjistit ze statistických tabulek (např. v [13]). Tyto normované kvantily jsou řešením rovnice

$$\Phi\left(u_p\right) = P, \tag{23}$$

kde Φ je distribuční funkce normálního rozdělení $N(0,1)$ (viz vztah 11) a P je pravděpodobnost, že náhodná veličina X (v našem případě hrubý skór) nabyde hodnoty u_p nebo menší.

Od normovaných kvantilů se přejde k *reálným kvantilům* x_p. Tyto reálné kvantily pak určují krajní hodnoty intervalů hrubého skóru. Vztah mezi normovaným a reálným kvantilem vyjadřuje rovnice

$$x_p = \bar{x} + u_p s, \tag{24}$$

kde $\bar{x}$ je aritmetický průměr *HS* a *s* je směrodatná odchylka *HS*.

Výpočet skóre pro jednotlivé procentové ekvivalenty uvádí tabulka 6.2.

Tabulka 6.2: Výpočet skóre pro jednotlivé procentové ekvivalenty

7 %-24 %-38%-24 %-7 %	15 %-20 %-30%-20 %-15 %	10 %-20 %-40%-20 %-10 %
$x_1 = \bar{x} + 1{,}48 \cdot s$	$x_1 = \bar{x} + 1{,}04 \cdot s$	$x_1 = \bar{x} + 1{,}28 \cdot s$
$x_2 = \bar{x} + 0{,}50 \cdot s$	$x_2 = \bar{x} + 0{,}39 \cdot s$	$x_2 = \bar{x} + 0{,}52 \cdot s$
$x_3 = \bar{x} - 0{,}50 \cdot s$	$x_3 = \bar{x} - 0{,}39 \cdot s$	$x_3 = \bar{x} - 0{,}52 \cdot s$
$x_4 = \bar{x} - 1{,}48 \cdot s$	$x_4 = \bar{x} - 1{,}04 \cdot s$	$x_4 = \bar{x} - 1{,}28 \cdot s$

V tabulce x_i je minimální počet bodů, kterého je nutno dosáhnout pro klasifikaci stupněm i (1 – výborně, 2 – chvalitebně, 3 – dobře, 4 – dostatečně), $\bar{x}$ je aritmetický průměr dosaženého hrubého skóre a *s* směrodatná odchylka *HS*.

7 Použití testů a testových úloh z fyziky u nás i v zahraničí

V této kapitole jsou stručně popsány dva nejznámější světové výzkumy TIMSS a PISA zabývající se žákovskými vědomostmi a dovednostmi a projekt, při kterém budou v hojné míře použity didaktické testy – nová maturitní zkouška. Dále jsou zde popsány vybrané testy a sbírky testových úloh používané k ověřování vědomostí a dovedností studentů ve fyzice. Některé z nich jsou běžně dostupné na knižním trhu a mohou si je tedy koupit i studenti, některé běžně k dostání nejsou (přestože jejich obsah není tajný). Jsou zde zmíněny i testy, které se používají v zahraničí při maturitní zkoušce.

7.1 Světové výzkumy

7.1.1 Výzkum TIMSS

Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání (TIMSS), který proběhl v roce 1995, byl prvním mezinárodním výzkumem výsledků vzdělávání, kterého se účastnily i české školy. Výzkum pořádala Mezinárodní asociace pro hodnocení výsledků ve vzdělávání (IEA) a jeho cílem bylo porovnat znalosti a dovednosti žáků v matematice a přírodovědných předmětech a vytipovat faktory, které nejvíce ovlivňují úspěšnost žáků v těchto předmětech.

Testovány byly tři věkové kategorie žáků – devítiletí (u nás žáci 3. a 4. ročníku ZŠ), třináctiletí (7. a 8. ročník ZŠ) a žáci posledních ročníků středoškolského studia. V testech se objevily uzavřené i otevřené úlohy, a to se stručnou i širokou odpovědí. Samozřejmě byly vypracovány přesné pokyny k vyhodnocování žákovských odpovědí.

Podrobné informace o výzkumu, ukázky úloh z fyziky včetně systému hodnocení odpovědí a úspěšnost (nejen) našich studentů při řešení byly zveřejněny např. v publikacích [15], [16]. Publikace [15] obsahuje zadání úloh z matematiky a z fyziky, tématu testů v této disertační práci odpovídá kapitola „Teplo“. Z tohoto okruhu je uvedeno 6 úloh, z toho 4 uzavřené a dvě otevřené. Úlohy jsou konstruovány tak, že pro jejich vyřešení je nutné porozumění dané problematice, nezkouší tedy jen zapamatování faktů.

7.1.2 Výzkum OECD/PISA

PISA je mezinárodní program pro hodnocení žáků ze zemí OECD. Jeho cílem je zjistit celkový přínos vzdělávacích systémů ve věku, kdy je školní docházka většinou všeobecná – testy jsou zaměřeny na patnáctileté žáky, kteří navštěvují všechny typy vzdělávacích programů. Sledované oblasti tohoto výzkumu jsou čtenářská, matematická a přírodovědná gramotnost, přičemž je zde snaha odpoutat se od školních osnov a zaměřit se výhradně na vědomosti a dovednosti, které mezinárodní tým odborníků považuje v dané oblasti za nejdůležitější a nejpotřebnější pro plnohodnotné uplatnění žáků v dalším životě.

Výzkumným nástrojem jsou písemné testy s uzavřenými i otevřenými úlohami. Položky jsou uspořádány do skupin na základě textu, který se snaží navodit situace z reálného života.

První šetření proběhlo v roce 2000, další v roce 2003 a 2006. Každý cyklus se zabýval do hloubky jednou oblastí a zbylým dvěma byla věnována třetina testovacího času. V roce

2000 byla hlavním tématem čtenářská gramotnost, v roce 2003 matematická gramotnost a v roce 2006 přírodovědná gramotnost.

Podrobné informace o výzkumu lze nalézt v [29], [30]. Přírodovědné úlohy českých autorů a specielně úlohy z fyziky jsou uvedeny v publikaci [30]. Uvedeno je 6 úloh, které jsou všechny otevřené, každá úloha se navíc skládá z několika dílčích textů a k nim se vážou jednotlivé otázky. Žádná úloha není zaměřena přímo na molekulovou fyziku a termiku.

7.2 Nová podoba maturitní zkoušky na středních školách v ČR

Maturitní zkouškou se zakončuje studium na středních školách již velmi dlouho. Tak, jak se mění společenské klima a názory na podobu vzdělávání, mění se i podoba maturitní zkoušky. Poslední debaty o nutnosti reformy maturit začaly v polovině devadesátých let. V letech 1997 – 1999 proběhly ve školách ověřovací sondy „Maturant“, probíhala i veřejná diskuse. V rámci Ústavu pro informace ve vzdělávání byla založena instituce zabývající se přípravou zkoušky – Centrum pro reformu maturitní zkoušky (CERMAT), dnes Centrum pro zjišťování výsledků vzdělávání. Konkrétní podoba reformy byla stanovena v dokumentu [17], který schválilo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy v říjnu 2000. Dokument konstatuje ztrátu některých funkcí maturitní zkoušky v posledních letech a poukazuje na nutnost změny stávající situace, kdy se maturita stává stále více formální záležitostí.

Maturitní zkoušce by se měla vrátit její prestiž a informační funkce. Její výsledek by měl informovat o schopnostech maturanta jeho budoucího zaměstnavatele nebo vysokou školu. To ovšem vyžaduje zajištění objektivity zkoušky a tím porovnatelnost výsledků.

Od nové podoby zkoušky se také očekává její využití v přijímacím řízení na vysoké školy. Předpokládá se zvýšení motivace studentů dosahovat dobré studijní výsledky tím, že se nebude pohlížet pouze na to, „že odmaturoval“, ale také na to, „jak odmaturoval“.

Podle dokumentu [17] měla maturita v nové podobě poprvé proběhnout v roce 2004. Tento termín nebyl dodržen a ještě před rokem 2004 se projekt začal přepracovávat. Zákonem č. 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (tzv. školský zákon) byl stanoven nový termín, rok 2008. Základní parametry nové maturitní zkoušky jsou obsaženy v § 77-82 tohoto zákona.

V tomto zákoně je nový model maturity popsán takto: Maturitní zkouška se skládá ze dvou částí - společné a profilové. Nutnou podmínkou získání úplného středního vzdělání je úspěšné vykonání obou částí maturity.

Společná část se skládá ze tří zkoušek a sice z českého jazyka a literatury, cizího jazyka a volitelné zkoušky. Jako volitelné zkoušky se nabízejí: matematika, občanský základ, přírodovědně technický základ a informačně technologický základ. V profilové části žák může skládat zkoušku ze tří předmětů, které si vybere z nabídky školy. Škola může formu a obsah profilových zkoušek určit sama nebo využít nabídku testů CERMATu. Do této nabídky patří i zkouška z fyziky.

Zkoušky společné části maturity probíhají formou státem garantovaných didaktických testů, jejichž účelem je ověřit, do jaké míry student splňuje cílové požadavky stanovené v tzv. *katalozích požadavků* k maturitní zkoušce pro jednotlivé předměty. Tento dokument týkající se fyziky je popsán v následující části 7.2.1.

V roce 2007 byl výše zmíněný zákon novelizován, zkouška z českého a cizího jazyka se má konat v roce 2010 a volitelná zkouška až v roce 2012. Poté, co byla maturita odložena, se opět rozpoutaly diskuse o změně výše popsaného modelu.

7.2.1 Katalog požadavků k maturitní zkoušce

Ke každé zkoušce zadávané MŠMT ČR je vypracován katalog požadavků, který má být každoročně aktualizován a zveřejněn vždy nejpozději dva roky před konáním zkoušek, ke kterým se vztahuje. Katalog požadavků k maturitní zkoušce z daného předmětu je dokument, ve kterém jsou stanoveny požadavky kladené na maturanta v tomto předmětu. Základními částmi katalogu jsou:

- vymezení očekávaných znalostí a dovedností;
- stanovení tematických okruhů;
- vymezení specifických cílů

Dále se budu zabývat katalogem požadavků k maturitní zkoušce z fyziky. Stejně jako ostatní katalogy byl poprvé zveřejněn v roce 2000 [18] s určením pro rok 2004. Po schválení nové reformy v roce 2004 byly na internetových stránkách CERMATu zveřejněny aktualizované katalogy schválené v říjnu 2005. Katalog požadavků k maturitní zkoušce – fyzika [19] se však zásadně neliší od katalogu staršího. Do zpracování nového katalogu se promítly zkušenosti získané hlavně v programu „Maturita nanečisto“, který CERMAT organizuje pro školy od roku 2001. Došlo k redukci požadavků na znalosti, požadavky se posunuly směrem k dovednostem, přičemž byl položen důraz zvláště na ty, které jsou součástí kompetencí podle Rámcového vzdělávacího programu.

Očekávané znalosti a dovednosti, které budou maturitní zkouškou ověřovány, jsou rozděleny do tří kategorií:

- znalost s porozuměním;
- aplikace znalostí a řešení problémů;
- práce s informacemi.

Tematické okruhy jsou stanoveny v souladu s obvyklým členěním výuky fyziky v našich středních školách, tj.:

1 Mechanika
  1.1 Fyzikální veličiny a měření
  1.2 Kinematika hmotného bodu
  1.3 Dynamika hmotného bodu
  1.4 Mechanická práce, výkon, energie
  1.5 Gravitační pole a astrofyzika
  1.6 Mechanika tuhého tělesa
  1.7 Mechanika tekutin
2 Molekulová fyzika a termika
  2.1 Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky
  2.2 Vnitřní energie, práce a teplo
  2.3 Struktura a vlastnosti plynů, pevných látek a kapalin
  2.4 Změny skupenství látek
3 Mechanické kmitání a vlnění
  3.1 Mechanické kmitání
  3.2 Mechanické vlnění
  3.3 Zvukové vlnění
4 Elektřina a magnetismus
  4.1 Elektrický náboj a elektrické pole

4.2 Elektrický proud v látkách
4.3 Magnetické pole
4.4 Střídavý proud
4.5 Elektromagnetické kmitání a vlnění
5 Optika
5.1 Vlnové vlastnosti světla
5.2 Zobrazování optickými soustavami
6 Speciální teorie relativity
7 Fyzika mikrosvěta
7.1 Základní poznatky kvantové fyziky
7.2 Fyzika elektronového obalu
7.3 Jaderná a částicová fyzika

Specifické cíle jsou hlavní částí katalogu. Představují vlastní požadavky k úspěšnému vykonání maturitní zkoušky. Jsou promítnutím očekávaných znalostí a dovedností do jednotlivých tematických okruhů. Jsou formulovány jako požadavky na znalosti a dovednosti studenta specifikované pro jednotlivá témata. Požadavky by měly být konstruovány tak, aby srozumitelně, jasně a konkrétně vyjadřovaly nároky kladené na studenta.

Hlavní částí této disertační práci jsou vlastní didaktické testy z molekulové fyziky a termiky, proto očekávané znalosti a dovednosti pro fyziku a specifické cíle příslušné tematickému okruhu „Molekulová fyzika a termika“ jsou uvedeny v příloze.

7.3 Popis vybraných testů a sbírek testových úloh z fyziky

7.3.1 Fyzika - sbírka úloh pro společnou část maturitní zkoušky [20]

V roce 2001 vydal Ústav pro informace ve vzdělávání publikaci [20] reagující na první zveřejnění požadavků ke společné maturitě. Sbírka obsahuje úlohy, se kterými by se studenti mohli setkat při maturitní zkoušce z fyziky, a je tedy určena pro budoucí maturanty z fyziky.

Autor klade důraz na umění aplikovat fyzikální poznatky v předložených situacích. Většina úloh je tedy zaměřena na vyšší cíle než jen zapamatování a reprodukci poznatků. Sbírka obsahuje úlohy uzavřené i otevřené. Většina uzavřených úloh nabízí jednu správnou odpověď, některé však i více. Otevřené úlohy jsou úlohy vyžadující většinou výpočet hodnoty nějaké fyzikální veličiny. U každé úlohy je uveden specifický cíl z Katalogu [18], ke kterému se úloha vztahuje.

Sbírka obsahuje řešení úloh. Neobvyklou částí sbírky jsou návody k řešení úloh určené studentům, kteří nevědí, jak začít s řešením dané úlohy, ale nechtějí se hned podívat na řešení.

Tématu molekulová fyzika a termika je věnováno 38 úloh, z toho 21 úloh je otevřených, 17 uzavřených. Jak sám autor upozorňuje v úvodu, většina úloh je rozhodně netradičních v porovnání s klasickými úlohami z učebnic či běžně používaných sbírek. Některé úlohy jsou pro středoškolské studenty poměrně obtížné, ty jsou označeny hvězdičkou. V kapitole „Molekulová fyzika a termika“ jsou takto označeny tři úlohy. K jejich vyřešení je třeba použít složitější fyzikální úvahu, a neomezovat se jen na tu pertii fyziky, ve které je úloha zařazena.

Jako příklad uvádím úlohu 8:

Při teplotě 0°C je kinetická energie otáčivého pohybu „typické“ molekuly kyslíku O_2 rovna $3{,}8 \cdot 10^{-21}$ J. Vypočítejte, jakou úhlovou rychlostí ω se tato molekula otáčí okolo osy kolmé na spojnici obou atomů.

Úloha je uzavřená, je nabídnuto sedm různých odpovědí.

Při řešení je třeba si uvědomit, že kinetická energie otáčivého pohybu je $\frac{1}{2}J\omega^2$, z tohoto vztahu vypočítáme úhlovou rychlost. K tomu potřebujeme znát moment setrvačnosti molekuly a k jeho určení zase hmotnost atomu kyslíku a vzdálenost mezi atomy kyslíku v molekule. Hmotnost vypočítáme pomocí relativní atomové hmotnosti a atomové hmotnostní konstanty a požadovanou vzdálenost lze nalézt v tabulkách.

Uvedená úloha se tedy neomezuje jen na učivo určité partie středoškolské fyziky, ale vyžaduje použítí znalostí a dovedností z molekulové fyziky i z mechaniky. Je zřejmé, že uvedenou úlohu nemůže vyřešit student, který danému problému není schopen opravdu porozumět.

Vzhledem k tomu, že publikace nese ochrannou známku CERMATu, lze si z ní udělat představu o úrovni úloh, které by mohly být použity při nové maturitní zkoušce.

7.3.2 Sbírka testových úloh k maturitě z fyziky [21]

Stejně jako publikace [20] byla tato sbírka vydána po vyjití Katalogu [18]. Autoři sbírky spolupracovali s Fyzikálně pedagogickou sekcí Jednoty českých matematiků a fyziků.

Úlohy jsou výhradně uzavřené s výběrem odpovědí ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Záměrem autorů bylo připravit studenty na tento typ úloh, který bude alespoň v prvních letech fungování nové maturitní zkoušky nejvýrazněji zastoupen.

Kapitola „Molekulová fyzika a termika“ obsahuje 46 úloh, některé úlohy mají více podúloh (označených a), b), …), čímž se počet úloh zvyšuje. Většina úloh vyžaduje nějaký výpočet, obvykle použití jednoho nebo dvou jednoduchých vztahů. Některé úlohy ověřují pouze zapamatování poznatků. Celkově je podle mého názoru obtížnost úloh nižší než v podobně zaměřené publikaci [20].

Úlohy respektují požadavky Katalogu [18] a tomu odpovídá i členění publikace na jednotlivé kapitoly.

7.3.3 Testy ze středoškolské fyziky [22]

V roce 1994 vydalo nakladatelství Prometheus pod souhrnným názvem Testy ze středoškolské fyziky šest souborů testů: Mechanika, Molekulová fyzika a termika, Mechanické kmitání a vlnění, Elektřina a magnetismus, Optika, Fyzika mikrosvěta a megasvěta. Každá z těchto šesti oblastí fyziky byla rozdělena na menší témata a ke každému z těchto témat vypracován test ve dvou variantách (označených A a B). V obou variantách se vyskytovaly analogické úlohy. Soubory obsahovaly testy na jednotlivých listech a byly tak přímo určeny k okamžitému použití.

V roce 2004 byly tyto testy vydány v knižní podobě [22] a k výše uvedeným tématům ještě doplněny materiály Opakování učiva ze základní školy a fyzikální veličiny a jejich jednotky. Součástí publikace bylo CD, ze kterého lze jednotlivé testy vytisknout.

Každý test obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi. Testy jsou sestaveny tak, že jednomu zadání (textu) přísluší obvykle 2 – 3 otázky. Odpovědi studenti vyznačují do tabulky v *Listu pro odpovědi*, pod tabulku je místo pro případné poznámky při řešení úloh.

Součástí publikace jsou pokyny k bezproblémovému zadávání, pokyny k vypracování testu pro žáky, doporučená klasifikační norma a samozřejmě přehled správných odpovědí na všechny úlohy ve všech testech. Skórování úloh je navrženo binární, maximální počet bodů z každého testu je tedy 12. Klasifikační norma je navržena s ohledem na zkušenosti z pilotáže takto:

Počet bodů	Známka
10-12	1
8-9	2
6-7	3
4-5	4
0-3	5

Kvalitu testů z oblasti molekulové fyziky a termiky z tohoto souboru zkoumala E. Balatková ve své diplomové práci [27]. Konstatuje uspokojivou reliabilitu, naproti tomu však nízkou validitu těchto testů. Součástí její práce jsou návrhy na úpravy vybraných položek vedoucí ke zvýšení validity.

Vzhledem k zaměření této disertační práce jsou níže vypsána témata, která postihuje soubor testů z molekulové fyziky a termiky.

Tento soubor obsahuje čtyři testy: Teplota a teplo, Ideální plyn, Pevné látky, Kapaliny a změny skupenství. U každého testu je uvedeno zaměření úloh.

Test Teplota a teplo: převod Celsiovy stupnice na termodynamickou a naopak, výpočet změny vnitřní energie pomocí změny mechanické energie, určení tepelné a měrné tepelné kapacity z grafu závislosti teploty tělesa na přijatém teple, první termodynamický zákon.

Test Ideální plyn: vlastnosti izochorického, izobarického, izotermického a adiabatického děje, převod V-T diagramu na p-T diagram, stavová rovnice ideálního plynu, určení práce plynu na základě děje znázorněného v p-V diagramu.

Test Pevné látky: výpočet různých veličin z Hookova zákona, teplotní délková a objemová roztažnost.

Test Kapaliny. Změny skupenství: výpočet povrchového napětí a změny povrchové energie, výpočet kapilárního tlaku, výška kapaliny v kapiláře, určení skupenského a měrného skupenského tepla varu z grafu závislosti teploty na dodaném teple, orientace ve fázovém diagramu.

Obecně je mnoho položek podle mého názoru pro studenty gymnázií snadných (v mnoha výpočtových úlohách se jedná o dosazení do jednoho vzorce) a navržená klasifikační norma příliš mírná. Ve své práci jsem se snažil sestavit méně snadné a méně tradiční úlohy.

7.3.4 500 testových úloh z fyziky pro studenty středních škol [23]

Sbírka je překladem z polštiny a obsahuje celkem 500 úloh ze všech oblastí fyziky probíraných na gymnáziu. Většina úloh svým obsahem odpovídá jak osnovám našeho gymnázia, tak požadavkům k připravované státní maturitní zkoušce. Obsaženy jsou i úlohy překračující rámec běžného středoškolského učiva, tyto jsou označeny hvězdičkou.

Všechny úlohy jsou uzavřené s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ. Většina úloh byla ověřována při přijímacích zkouškách z fyziky na Akademii hornicko – hutnické v Krakově.

Publikace je rozdělena na šest částí odpovídajících probíraným fyzikálním tématům:

- Mechanika a hydromechanika – 163 úloh
- Termodynamika a molekulová fyzika – 52 úloh
- Elektřina a magnetismus – 143 úloh
- Mechanické kmitání a vlnění, akustika – 28 úloh
- Optika - 46 úloh
- Atomová a jaderná fyzika – 68 úloh

Správné odpovědi ke všem úlohám jsou přehledně uvedeny na vnitřní straně obálky knihy. Většina úloh je zaměřena na vyšší kategorie poznávacích cílů, mnoho úloh je zadáno graficky, v části Elektřina se hojně objevují schémata.

Podle mého názoru jsou úlohy v publikaci kvalitní, distraktory jsou pečlivě voleny tak, aby byly všechny atraktivní pro řešitele, který se pokouší hádat. Řešení úloh vyžaduje použít jisté „fyzikální myšlení“, nikoli pouze zapamatování prostých faktů. Použitím těchto úloh coby zkušebního nástroje lze jistě odhalit, zda zkoušený fyzice (pochopitelně na příslušné úrovni) skutečně rozumí.

7.3.5 Testy z přírodních věd v kostce pro střední školy [24]

Publikace vyšla v edici „V kostce“, ve které vydávalo v 90. letech nakladatelství Fragment tituly shrnující látku téměř ze všech vyučovaných předmětů na střední škole. Pod názvem „Testy z přírodních věd“ se skrývají testové otázky z matematiky, fyziky, chemie a biologie. Kniha má tedy tyto čtyři části, každou část reprezentuje 500 otázek.

Dále se budu zabývat částí fyzika. Ta je rozdělena na 29 témat přibližně odpovídajících rozdělení učiva v našich gymnaziálních učebnicích (od základních fyzikálních pojmů a kinematiky hmotného bodu až po astrofyziku). Všechny úlohy jsou uzavřené s výběrem odpovědi ze 3 nebo 4 alternativ. U každé úlohy je alespoň jedna odpověď správná a alespoň jedna odpověď nesprávná. Na jednu otázku tedy může existovat více správných odpovědí. Položky jsou většinou zaměřeny na nižší kategorie poznávacích cílů (především zapamatování). Úlohy v první části každého tématu často ověřují zapamatování vzorců, obvykle však v zadání není uvedeno, co označují jednotlivá písmena. Často se vyskytuje též ověřování znalosti jednotek veličin. Úlohy na výpočet obvykle vyžadují pouze použití základního vzorce, jako odpovědi jsou nabídnuty různé číselné hodnoty. Publikace obsahuje na konci oddílu „fyzika“ přehled správných odpovědí na všechny úlohy.

Domnívám se, že většina úloh v této publikaci je použitelná pouze pro ověření základních vzorců, jednotek veličin a definic, což však jsou údaje, které lze nalézt v tabulkách. I správným vyřešením těchto úloh, řešitel nedokazuje pochopení fyzikálních principů a jevů. Podle mého názoru by úlohy z této publikace nebyly vhodným obsahem maturitního testu z fyziky.

7.3.6 Abiturprüfung 2000 – Physik [25]

Jedná se o soubor úloh, které byly použity při maturitní zkoušce v roce 2000 v Bavorsku. V této spolkové zemi (na rozdíl od většiny ostatních spolkových zemí SRN) jsou konkrétní požadavky a maturitní otázky stanovovány centrálně tamním ministerstvem školství. Stu-

denti volí mezi základní a pokročilou úrovní. Úlohy jsou výhradně z učiva, které se u nás na gymnáziu probírá ve 3. a 4. ročníku.

Úlohy jsou zaměřeny na:

- elektřinu: chování nabitých částic v elektrickém poli mezi deskami kondenzátoru, chování vodiče s proudem v magnetickém poli, oscilační LC obvody, elektromagnetické záření,
- fyziku mikrosvěta: modely atomu, absorpce a emise, atomová spektra, rentgenové záření, radioaktivita, jaderné reakce,
- optiku: mechanismus polární záře
- fyziku vesmíru

Všechny úlohy jsou široce otevřené, avšak zdaleka ne všechny početní. Mnoho úloh požaduje po studentech vysvětlit nějakou skutečnost, princip, stanovit příčiny nějakého děje, navrhnout ověřovací pokus, znázornit nějaký děj graficky, popsat nějaké zařízení nebo děj.

V našich podmínkách jsou to úlohy, podle mého názoru, netradiční, bylo by zajímavé zjistit, jak by se s jejich řešením vyrovnali naši maturanti, kteří asi ve většině případů nejsou zvyklí takovéto úlohy řešit. Ve své práci jsem se snažil sestavovat také úlohy méně tradiční, podobně jako zde např. vysvětlení příčin nějakého děje, apod. Narozdíl od těchto úloh jsou však všechny mnou sestavené položky uzavřené.

7.3.7 Egzamin maturalny z fizyki z astronomią [26]

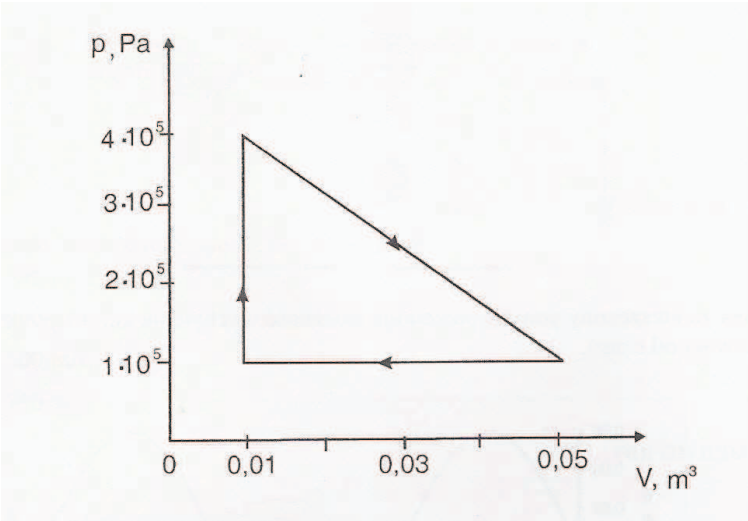
Jedná se o zadání testu z fyziky při maturitní zkoušce v Polsku v roce 2002. Zkouška má dvě části. První část řeší všichni maturanti z fyziky, druhou, která je obtížnější, obvykle uchazeči o studium na technických vysokých školách. K řešení je dovoleno používat kalkulačku, není však dovoleno používat fyzikální tabulky. V testovém sešitu je vložen list s vybranými fyzikálními vzorci a periodickou tabulkou prvků. Studenti uvádějí své odpovědi přímo do testového sešitu se zadáním.

První (jednodušší) část obsahuje 22 úloh. Prvních 10 úloh je uzavřených, zbývajících 12 otevřených. Uzavřené úlohy testují učivo z mechaniky (4 úlohy), elektřiny (4 úlohy), termiky (1 úloha) a optiky (1 úloha). Otevřené úlohy vesměs nejsou zaměřeny na jedno fyzikální téma, ale ověřují komplexnější dovednosti. Objevuje se zde požadavek na zakreslení nějaké závislosti do grafu, výpočet komplexnější úlohy i vysvětlení nějakého jevu.

Druhá (složitější část) obsahuje pět textů popisujících nějaký děj nebo pokus včetně tabulky, grafu nebo schématu. Ke každému textu pak přísluší 3 – 4 úlohy požadující popis, vysvětlení nebo výpočet.

Vzhledem k zaměření této práce uvádím zmíněnou jednu úlohu z termiky:

Na obrázku je *p-V* diagram se znázorněným pracovním cyklem tepelného motoru.



Motoru je během jednoho cyklu dodáno teplo16 kJ. Účinnost motoru je:

A. 25 %

B. 37,5 %

C. 50 %

D. 62,5 %.

Pro vyřešení úlohy musí student vědět, že účinnost v tomto případě spočte jako podíl vykonané práce a dodaného tepla během jednoho cyklu. Vykonaná práce je dána obsahem obrazce v *p-V* diagramu. Obsah znázorněného trojúhelníka je

$\frac{1}{2}\cdot\left(4\cdot 10^5 - 1\cdot 10^5\right)\cdot\left(0,05-0,01\right) = 6\cdot 10^3$, odpovídající jednotkou je J.

Účinnost je tedy $\frac{6\cdot 10^3}{16\cdot 10^3} = 0,375$, v procentech 37,5, správná odpověď je proto B.

Podle mého názoru se jedná o standardní úlohu, na které se pozná, zda student pochopil základní vztahy mezi veličinami práce a teplo a základní princip fungování tepelného stroje. Nejedná se o pouhé dosazení do jednoho naučeného vzorce a na druhou stranu není úloha až příliš obtížná. Domnívám se, že tato (nebo podobná) úloha by se mohla objevit i v naší maturitní zkoušce z fyziky.

8 Vlastní didaktické testy

V rámci této disertační práce bylo sestaveno celkem pět didaktických testů, každý ve dvou variantách. Všechny testy jsou zaměřeny na gymnaziální učivo molekulové fyziky a termiky. Čtyři testy ověřují znalosti a dovednosti studentů z jednotlivých kapitol (viz dále) tohoto tématu (dále dílčí testy) a poslední test je sestaven z vybraných úloh všech dílčích testů a testuje tedy učivo molekulové fyziky a termiky jako celku (dále závěrečný test).

8.1 Dílčí testy

8.1.1 Popis testů

V průběhu školního roku 2004/2005 byla postupně sestavena sada didaktických testů, které ověřují vědomosti a dovednosti studentů gymnázia v molekulové fyzice a termice. Testované učivo vychází ze v současné době běžně používané učebnice [28]. Zde je učivo rozděleno do následujících kapitol:

1. Základní poznatky molekulové fyziky a termodynamiky;
2. Vnitřní energie, práce a teplo;
3. Struktura a vlastnosti plynného skupenství látek;
4. Kruhový děj s ideálním plynem;
5. Struktura a vlastnosti pevných látek;
6. Struktura a vlastnosti kapalin;
7. Změny skupenství látek.

Testy byly sestaveny čtyři, tedy učivo některých kapitol bylo spojeno do jednoho testu. Konkrétně byly spojeny kapitoly 1. a 2., kapitoly 3. a 4. a kapitoly 5. a 6. Názvy čtyř dílčích testů jsou:

- Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo;
- Struktura a vlastnosti plynů;
- Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin;
- Změny skupenství.

Struktura testů byla vytvořena pomocí specifikační tabulky, ve které váha učiva byla měřena počtem hodin, kterým se učitelé tomuto tématu věnují. Ve třídách, kde se provádělo testování, probíhala výuka fyziky dvě hodiny týdně (kromě praktických cvičení), tj. 66 hodin za rok. Z tohoto počtu bylo 42 hodin věnováno molekulové fyzice a termice. Specifikační tabulky pro jednotlivé testy jsou uvedeny vždy v popisu testu.

Z hlediska klasifikace testů (viz kapitola 1.1) patří vytvořené testy mezi kognitivní a monotematické. Jsou to ověřující testy a lze je použít jako výstupní. Testy jsou objektivně skórovatelné. Každý test je vyhotoven ve dvou variantách (Varianta A, Varianta B). Jednotlivé varianty obsahují analogické (ne však stejné) úlohy. Úlohy v obou variantách jsou přibližně stejně obtížné.

Testy jsou sestaveny z 12 uzavřených úloh (s výběrem odpovědi ze 4 alternativ, z nichž je právě jedna správná). Ke každému testu je vytvořen záznamový list, do kterého studenti vyplňují své odpovědi.

Nezbytnou pomůckou k řešení jsou Matematické, fyzikální a chemické tabulky [31] (dále jen MFChT). Při tvorbě úloh byl kladen důraz na jejich používání. Proto v případech, kde se používají tabulkové hodnoty, nejsou tyto údaje obsaženy v zadání úlohy, ale studenti si je mají vyhledat. Použití dalších materiálů (učebnice, poznámky, apod.) není dovoleno, kalkulačku studenti použít mohou, vzhledem k charakteru úloh však není nutná.

Převážná většina položek testů není početní a zaměřuje se spíše na vyšší myšlenkové operace než jen zapamatování (porozumění, aplikace vědomostí v typových situacích, aplikace vědomostí v problémových situacích).

Úlohy jsou vypracovány tak, aby odpovídaly požadavkům kladeným na studenty připravovanou "státní" maturitní zkouškou a vyjádřeným Katalogem požadavků k maturitní zkoušce [19] (viz příloha 1). Zadání úloh je v souladu i s požadavky Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia [32], tyto požadavky jsou uvedeny v příloze 2. Všechny testy ve formě připravené k praktickému použití včetně testové příručky jsou obsahem přílohy 3.

8.1.2 Ověřování testů

Pro důvěryhodné výsledky je třeba provádět ověřování úloh na co největším vzorku studentů. Testy byly ověřovány na těchto školách:

Gymnázium Benešov;

Gymnázium Kladno;

Gymnázium Arabská, Praha;

Gymnázium Botičská, Praha;

Gymnázium Jana Keplera, Praha;

Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha;

Gymnázium U Libeňského zámku, Praha;

Gymnázium Voděradská, Praha;

První obnovené reálné gymnázium, Praha.

Počet testovaných studentů je pro každý test uveden v tabulce 8.1.

Tabulka 8.1: Počty testovaných studentů

Test	Počet testovaných studentů	
	Varianta A	Varianta B
Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo	320	335
Struktura a vlastnosti plynů	268	251
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin	221	199
Změny skupenství	117	99

Testy byly zadávány v průběhu celého školního roku 2004/2005 ve dnech, které si určili vyučující fyziky ve druhých ročnících na uvedených školách. Studenti byli předem vyuču-

jícím informováni o termínu testování. Testy byly zadávány na začátku vyučovací hodiny a čas na vypracování každého byl omezen na 30 minut. Během práce bylo dovoleno používat MFChT a kalkulačku. V druhé části vyučovací hodiny byly zpravidla studentům sděleny správné odpovědi a zodpovězeny jejich dotazy (pokud nehrozilo bezprostřední prozrazení obsahu souboru do další třídy, která měla úlohy teprve řešit). O správné řešení jevili studenti obvykle zájem.

8.1.3 Testová příručka

Testy jsou zaměřeny na ověřování vědomostí a dovedností studentů gymnázií v oblasti molekulové fyziky a termiky. Tím však není vyloučeno jejich použití i na jiných typech škol. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Pilotní verzí Rámcového vzdělávacího programu pro gymnaziální vzdělávání a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce. Testové úlohy jsou převážně úvahové, v menší míře početní.

Každý test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Každý test obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí. U úloh, u kterých je napsáno „Uveďte postup řešení.“ (týká se pouze testu Struktura a vlastnosti plynů) je vyžadováno písemné řešení provedené na vyznačeném místě v Záznamovém listu odpovědí.

Zadání testu – instrukce pro učitele

1. Použijte obě varianty testu. Studenty rozdělte obvyklým způsobem do dvou skupin.
2. Požádejte studenty o vyplnění Záznamového listu odpovědí a seznamte je s pokyny pro vypracování testu.
3. Studenti by měli mít při práci k dispozici pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby, fyzikální tabulky a kalkulačku.
4. Čistý čas pro vypracování testu je 30 minut.

Zadání testu – pokyny pro studenty

1. Do záhlaví Záznamového listu odpovědí napište označení varianty testu, jméno a příjmení, třídu a datum.
2. Veškerá řešení zapisujte do Záznamového listu odpovědí. Do zadání testu nic nevpisujte, nekreslete ani neoznačujte.
3. Test obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř možností, z nichž právě jedna je správná. V Záznamovém listu zakřížkujte políčko příslušející zvolené odpovědi.
4. Uděláte-li při výběru odpovědi chybu, políčko zabarvěte a zakřížkujte novou odpověď.
5. U těch úloh, u kterých je v zadání napsáno „Uveďte postup řešení.“, je nutné mimo označení odpovědi provést na příslušné místo v záznamovém listu také výpočet. V případě, že se žádná z nabízených odpovědí neshoduje s vaším řešením, podtrhněte svůj výsledek a žádnou odpověď neoznačujte. Pokud označíte pouze

odpověď (byť správně) a neuvedete výpočet, úlohu nelze uznat za správně vyřešenou.

6. Více označených odpovědí u jedné položky bude považováno za chybu.

7. Používejte pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby, fyzikální tabulky a kalkulačku.

Hodnocení testů

1. K testům jsou přiložena vzorová řešení.

2. Pro hodnocení testů je vhodné použít tzv. binární skórování, podle kterého přidělíme studentovi za každou správnou odpověď jeden bod, za nesprávnou či vynechanou nula bodů. Nejhorší výsledek v testu je tedy 0 bodů, nejlepší výsledek 12 bodů.

Doporučená klasifikační norma

Ukazatelem celkového výkonu studenta v testu je počet správných odpovědí v celém testu. Pro tyto testy je navržena klasifikační stupnice uvedená v tabulce.

Bodový interval	Klasifikační stupeň
10 – 12 bodů	výborně
8 – 9 bodů	chvalitebně
5 – 7 bodů	dobře
3 – 4 body	dostatečně
0 – 2 body	nedostatečně

Tuto stupnici je samozřejmě možné upravit podle situace v konkrétní třídě.

8.2 Závěrečný test

8.2.1 Popis testu

Závěrečný test je sestaven z vybraných úloh dílčích testů. Celkem obsahuje 17 uzavřených úloh a jeho struktura byla vytvořena též pomocí specifikační tabulky. Test byl zadáván v květnu a červnu 2005. Studenti měli na vypracování testu jednu vyučovací hodinu. Během práce mohli používat kalkulačku. MFChT k dispozici neměli, potřebné tabulkové hodnoty byly uvedeny na konci testu, a to z důvodu nemožnosti zabezpečit, aby studenti ve všech školách používali stejné tabulky.

8.2.2 Ověřování testu

Závěrečný test řešilo celkem 1433 studentů (735 Variantu A, 698 Variantu B) z 25 gymnázií celé České republiky. Tato gymnázia byla vybrána tak, aby jejich vzorek byl reprezentativní co do velikosti obce, ve které se gymnázium nachází, a regionu, ve kterém leží obec.

Velikost obce byla rozdělena na tyto kategorie:

- do 10 000 obyvatel
- 10 000 až 20 000 obyvatel
- 20 000 až 70 000 obyvatel

- 70 000 až 400 000 obyvatel
- Praha

Regiony byly rozděleny takto:

- Čechy
- Morava
- Praha

Každý region (kromě Prahy) byl rozdělen na čtyři výše uvedené kategorie podle počtu obyvatel dané obce. Do každé takové skupiny bylo náhodně vybráno tolik gymnázií, aby jejich relativní počet vzhledem k celkovému počtu gymnázií účastnících se výzkumu byl stejný jako relativní počet všech gymnázií v dané kategorii vzhledem k počtu všech gymnázií v České republice. Test byl zadáván na následujících školách:

Gymnázium Frýdlant

Gymnázium Chotěboř

Gymnázium a SOŠ Moravské Budějovice

Gymnázium Český Krumlov

Gymnázium J. Barranda Beroun

Gymnázium Z. Wintera Rakovník

Gymnázium Bílina

Gymnázium Děčín

Gymnázium Jihlava

Gymnázium TGM Litvínov

Gymnázium Teplice

Gymnázium B. Němcové Hradec Králové

Gymnázium Jateční, Ústí nad Labem

Gymnázium Hlučín

Gymnázium J. Opletala Litovel

Gymnázium F. Živného Bohumín

Gymnázium Nový Jičín

Čtyřleté a osmileté gymnázium Frýdek-Místek

Reálné gymnázium Prostějov

Klasické a španělské gymnázium Brno

CMSPgŠ a Gymnázium Brno

Arcibiskupské gymnázium Praha

Gymnázium Nad Alejí, Praha

Gymnázium Nad Štolou, Praha

Gymnázium Opatov, Praha

8.2.3 Testová příručka

Test je zaměřen na ověřování vědomostí a dovedností studentů gymnázií v oblasti molekulové fyziky a termiky. Tím však není vyloučeno jeho použití i na jiných typech škol. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Pilotní verzí Rámcového vzdělávacího programu pro gymnaziální vzdělávání a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce. Testové úlohy jsou převážně úvahové, v menší míře početní.

Test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Obsahuje 17 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí. U úloh, u kterých je napsáno „Uveďte postup řešení." je vyžadováno písemné řešení provedené na vyznačeném místě v Záznamovém listu odpovědí.

Zadání testu – instrukce pro učitele

1. Použijte obě varianty testu. Studenty rozdělte obvyklým způsobem do dvou skupin.

2. Požádejte studenty o vyplnění Záznamového listu odpovědí a seznamte je s pokyny pro vypracování testu.

3. Studenti by měli mít při práci k dispozici pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby a kalkulačku.

4. Čistý čas pro vypracování testu je 40 minut.

Zadání testu – pokyny pro studenty

1. Do záhlaví Záznamového listu odpovědí napište označení varianty testu, jméno a příjmení, třídu a datum.

2. Veškerá řešení zapisujte do Záznamového listu odpovědí. Do zadání testu nic nevpisujte, nekreslete ani neoznačujte.

3. Test obsahuje 17 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř možností, z nichž právě jedna je správná. V Záznamovém listu zakřížkujte políčko příslušející zvolené odpovědi.

4. Uděláte-li při výběru odpovědi chybu, políčko zabarvěte a zakřížkujte novou odpověď.

5. U těch úloh, u kterých je v zadání napsáno „Uveďte postup řešení.", je nutné mimo označení odpovědi provést na příslušné místo v záznamovém listu také výpočet. V případě, že se žádná z nabízených odpovědí neshoduje s vaším řešením, podtrhněte svůj výsledek a žádnou odpověď neoznačujte. Pokud označíte pouze odpověď (byť správně) a neuvedete výpočet, úlohu nelze uznat za správně vyřešenou.

6. Více označených odpovědí u jedné položky bude považováno za chybu.

7. Používejte pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby a kalkulačku.

Hodnocení testů

1. K testu je přiloženo vzorové řešení.

2. Pro hodnocení testu je vhodné použít tzv. binární skórování, podle kterého přidělíme studentovi za každou správnou odpověď jeden bod, za nesprávnou či vynechanou nula bodů. Nejhorší výsledek v testu je tedy 0 bodů, nejlepší výsledek 17 bodů.

Doporučená klasifikační norma

Ukazatelem celkového výkonu studenta v testu je počet správných odpovědí v celém testu. Pro tyto testy je navržena klasifikační stupnice uvedená v tabulce.

Bodový interval	Klasifikační stupeň
13 – 17 bodů	výborně
9 – 12 bodů	chvalitebně
5 – 8 bodů	dobře
3 – 4 body	dostatečně
0 – 2 body	nedostatečně

Tuto stupnici je samozřejmě možné upravit podle situace v konkrétní třídě.

9 Didaktický test Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

9.1 Popis, zadání a řešení testu

Test ověřuje vědomosti a dovednosti studentů gymnázií v oblasti základních poznatků z molekulové fyziky a učiva o vnitřní energii, práci a teple. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika – kapitoly „Základní poznatky z molekulové fyziky a termodynamiky“ a „Vnitřní energie, práce a teplo“, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia [32] a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce [19]. Testové úlohy s výjimkou úlohy 6 (převod termodynamické teploty na Celsiovu) nejsou početní. K řešení by studenti měli mít k dispozici MFChT, v úloze 6 k vyhledání teploty tuhnutí (event. varu) rtuti a v úloze 12 k vyhledání součinitelů tepelné vodivosti.

Test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Každá varianta obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Úlohy v obou variantách jsou analogické (ne však stejné). Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí.

Z hlediska klasifikace testů (viz část 1.1) patří test mezi kognitivní, monotematické, výstupní, ověřující a objektivně skórovatelné testy. Struktura testu byla vytvořena pomocí specifikační tabulky (viz část 9.1.1).

Správné řešení obou variant testu je uvedeno v tabulce 9.1.

Tabulka 9.1: Řešení testu „Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	d	d	c	a	b	c	a	b	d	a	c	c
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	b	c	a	c	d	b	c	d	a	b	b	b

9.1.1 Specifikační tabulka

Specifikační tabulka je sestavena podle popisu v podkapitole 2.1, úrovně osvojení odpovídají Niemierkově taxonomii výukových cílů popsané tamtéž. Hodinové dotace zde uvedené odpovídají hodinovým dotacím ve většině škol, ve kterých byly testy zadávány. To se týká i všech dále uvedených testů.

Hodinová dotace fyziky: 2 hodiny týdně, tj. 66 hodin za rok

Hodinová dotace kapitoly Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky: 6 hodin

Hodinová dotace kapitoly Vnitřní energie, práce a teplo: 5 hodin

Počet úloh v testu: 12

Tabulka 9.2: Specifikační tabulka testu

Obsah	Počet hodin		Počet úloh		Úroveň osvojení			
					A	B	C	D
Kinetická teorie látek a její experimentální potvrzení	2	18 %	2	17 %	1	1	-	-
Vzájemné působení částic, rovnovážná poloha	1	9 %	1	8 %	-	1	-	-
Modely struktur látek různých skupenství	1	9 %	1	8 %	1	-	-	-
Rovnovážný stav a děj	1	9 %	1	8 %	-	-	-	1
Termodynamická teplota	1	9 %	1	8 %	-	-	-	1
Vnitřní energie tělesa a její změny	2	18 %	3	25 %	-	-	1	2
Tepelná a měrná tepelná kapacita, kalorimetrická rovnice	1	9 %	1	8 %	-	-	-	1
První termodynamický zákon	1	9 %	1	8 %	-	-	1	-
Přenos vnitřní energie	1	9 %	1	8 %	-	-	1	-
Celkem	11	100 %	12	100 %	2	2	3	5

9.1.2 Zadání testu – Varianta A

Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo
Varianta A

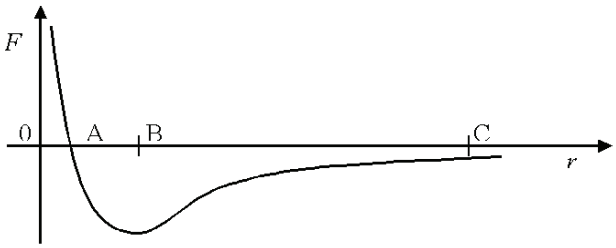
1) Rozhodněte, které z následujících tvrzení <u>odporuje</u> kinetické teorii látek.

a) Brownův pohyb svědčí o tepelném pohybu částic v tekutinách.
b) Samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice jiné látky stejného skupenství probíhá rychleji při vyšších teplotách.
c) Částice v látkách na sebe navzájem působí silami. Tyto síly jsou při malých vzájemných vzdálenostech částic odpudivé, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivé.
d) Prostor, který zaujímá těleso z pevné látky, je beze zbytku vyplněn částicemi této látky.

2) Difuze probíhá:

a) v plynech za každé teploty, v kapalinách pouze za vyšších teplot, v pevných látkách neprobíhá
b) pouze v kapalinách, v plynech a v pevných látkách neprobíhá
c) v plynech a v kapalinách, v pevných látkách neprobíhá
d) v plynech, kapalinách i pevných látkách

3) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0B c) BC d) 0A

4) Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o struktuře modelů látek vycházejících z kinetické teorie látek.

a) Molekuly plynu vykonávají chaotický pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem mění.
b) Částice pevného tělesa vykonávají neuspořádaný kmitavý pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem nemění.
c) Celková vnitřní potenciální energie částic pevného tělesa je větší než jejich celková vnitřní kinetická energie.
d) Celková vnitřní potenciální energie soustavy molekul plynu je značně menší než celková kinetická energie těchto molekul.

5) Rozhodněte, která z následujících termodynamických soustav se nejvíce blíží rovnovážnému stavu.

a) čerstvě uvařený čaj v konvici
b) kámen na dně hluboké lesní tůně
c) kostka ledu vyndaná z mrazničky do místnosti s pokojovou teplotou
d) rovnoměrně hořící papír

---

6) V tabulce jsou uvedeny kritické termodynamické teploty T_K čtyř plynů.

Plyn	T_K/K
Sulfan	373
Chlorovodík	324
Ethen	283
Metan	191

Kritickou teplotu kterého (kterých) z uvedených plynů lze změřit rtuťovým teploměrem s Celsiovou stupnicí?

a) pouze sulfanu
b) pouze sulfanu a chlorovodíku
c) pouze sulfanu, chlorovodíku a ethenu
d) všech uvedených plynů

---

7) Lokomotiva jedoucí po vodorovné trati zabrzdí. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o energetických poměrech po zastavení lokomotivy. Odpor prostředí zanedbejte.

a) Brzdové špalíky, kola a kolejnice, které se při brzdění zahřejí, přijmou teplo, které je rovno úbytku kinetické energie lokomotivy.
b) Přírůstek vnitřní energie brzdových špalíků, kol a kolejnic je roven úbytku kinetické energie lokomotivy.
c) Přírůstek vnitřní energie brzdových špalíků, kol a kolejnic je roven práci, kterou vykonala třecí síla při brzdění.
d) Práce, kterou vykonala třecí síla při brzdění, je rovna úbytku kinetické energie lokomotivy.

---

8) Do horké polévky ponoříme chladnou kovovou lžíci. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto ději. Tepelné ztráty do okolí neuvažujte.

a) Vzroste vnitřní energie lžíce, tento přírůstek je roven úbytku vnitřní energie polévky.
b) Polévka bude předávat lžíci teplo, dokud se nevyrovná vnitřní energie lžíce vnitřní energii polévky.
c) Poklesne vnitřní energie polévky, tento úbytek je roven teplu, které předá polévka lžíci.
d) Polévka předá lžíci teplo, které je rovno přírůstku vnitřní energie lžíce.

---

9) Po podlaze je smykem vlečena prázdná skříň. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Skříň koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
b) Skříň se pohybuje, koná tedy práci, a proto dojde ke zvýšení vnitřní energie skříně; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
c) Dojde k zahřátí podlahy i skříně, protože si vzájemně předají teplo.
d) Dojde ke zvýšení vnitřní energie podlahy i skříně.

---

10) Představme si, že by mořská voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch
b) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
c) menší, protože voda by odebírala více tepla okolnímu vzduchu a denní teploty by tedy byly nižší
d) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody

---

11) V tepelně izolované nádobě s pohyblivým pístem je uzavřen plyn. Rozhodněte, který z následujících dějů <u>není</u> možný.

a) Zahříváme plyn, ten se rozpíná a posunuje pístem. Vnitřní energie plynu se nemění.
b) Pístem stlačujeme plyn a zároveň mu odebíráme teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
c) Plyn se rozpíná, tím posunuje pístem a zároveň plyn odevzdává teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
d) Zajistíme konstantní objem nádoby a zahříváme plyn. Jeho vnitřní energie vzrůstá.

---

12) Ve čtyřech místnostech, které mají cihlové stěny stejné tloušťky, jsou tyto stěny obloženy deskami stejné tloušťky z různých materiálů - igelitu, skelné vlny, bakelitu a polystyrenu. Všechny místnosti vytopíme na stejnou teplotu, a to vyšší, než je venkovní teplota. Která místnost nejdříve vychladne?

a) obložená igelitem
b) obložená skelnou vlnou
c) obložená bakelitem
d) obložená polystyrenem

9.1.3 Zadání testu – Varianta B

Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo
Varianta B

---

1) Rozhodněte, které z následujících tvrzení <u>odporuje</u> kinetické teorii látek.

a) Difuze svědčí o tepelném pohybu částic v tekutinách.
b) Tepelný pohyb částic nastává v kapalných a plynných látkách, v pevných látkách nikoli.
c) Velikosti rychlostí pohybujících se částic látky závisejí na teplotě této látky.
d) Částice na sebe navzájem působí silami. Tyto síly jsou při malých vzájemných vzdálenostech částic odpudivé, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivé.

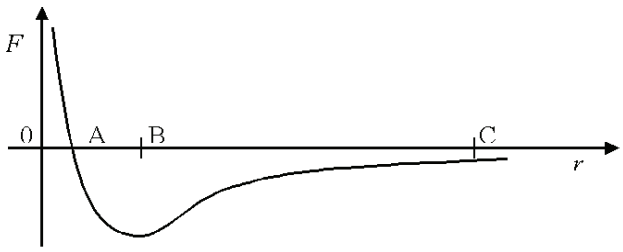
---

2) Difuze probíhá:

a) pouze v kapalinách a v plynech, v pevných látkách difuze neprobíhá
b) rychle v plynech, pomaleji v kapalinách, v pevných látkách difuze neprobíhá
c) rychle v plynech, pomaleji v kapalinách, velmi pomalu v pevných látkách
d) v plynech za každé teploty, v kapalinách pouze za vyšších teplot, v pevných látkách difuze neprobíhá

---

3) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0A c) BC d) 0B

---

4) Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o struktuře modelů látek vycházejících z kinetické teorie látek.

a) Částice pevného tělesa vykonávají neuspořádaný kmitavý pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem nemění.
b) Molekuly kapaliny vykonávají chaotický pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem mění.
c) Celková vnitřní potenciální energie soustavy molekul plynu je značně větší než jejich celková vnitřní kinetická energie.
d) U kapaliny je celková vnitřní potenciální energie soustavy částic srovnatelná s jejich celkovou vnitřní kinetickou energií.

---

5) Rozhodněte, která z následujících termodynamických soustav se nejvíce blíží rovnovážnému stavu.

a) limonáda vyndaná z chladničky do místnosti s pokojovou teplotou
b) vroucí voda v hrnci na kamnech
c) rovnoměrně hořící papír
d) čaj v uzavřené termosce

6) V tabulce jsou uvedeny termodynamické teploty tání T_t čtyř prvků při normálním tlaku.

Prvek	T_t/K
Brom	266
Dusík	63
Fluor	53
Jód	387

Teplotu tání kterého z uvedených prvků lze změřit rtuťovým teploměrem s Celsiovou stupnicí?

a) pouze bromu
b) pouze bromu a jódu
c) pouze fluoru
d) pouze fluoru a dusíku

7) Automobil pohybující se po vodorovné silnici náhle zabrzdí. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o energetických poměrech po zastavení automobilu. Odpor prostředí zanedbejte.

a) Přírůstek vnitřní energie povrchu vozovky, brzdových disků a kol je roven práci, kterou vykonala třecí síla při brzdění.
b) Práce, kterou vykonala třecí síla při brzdění, je rovna úbytku kinetické energie automobilu.
c) Povrch vozovky, kola a brzdové disky, které se při brzdění zahřejí, přijmou teplo, které je rovno úbytku kinetické energie automobilu.
d) Přírůstek vnitřní energie povrchu vozovky, brzdových disků a kol je roven úbytku kinetické energie automobilu.

8) Do hrnce nalijeme horkou vodu. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto ději. Neuvažujte přitom tepelné ztráty do okolí.

a) Poklesne vnitřní energie vody, tento úbytek je roven teplu, které předá voda hrnci.
b) Voda předá hrnci teplo, které je rovno přírůstku vnitřní energie hrnce.
c) Vzroste vnitřní energie hrnce, tento přírůstek je roven úbytku vnitřní energie vody.
d) Po vyrovnání teplot hrnce a vody bude mít voda stejnou vnitřní energii jako hrnec.

9) Skladník táhne po vodorovné podlaze smykem prázdnou bednu. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny i povrchu podlahy.
b) Bedna koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
c) Bedna se pohybuje, a proto dojde ke zvýšení její vnitřní energie; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
d) Dojde k zahřátí bedny i povrchu podlahy, protože si vzájemně předají teplo.

---

10) Představme si, že by mořská voda měla ještě mnohem větší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody
b) menší, protože ve dne by se voda pomaleji ohřívala a v noci pomaleji chladla. Proto by voda ve dne více ochlazovala okolní vzduch a v noci ho více ohřívala.
c) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
d) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch

---

11) V nádobě s pohyblivým pístem je uzavřen plyn. Rozhodněte, který z následujících dějů <u>není</u> možný.

a) Zajistíme konstantní objem nádoby a zahříváme plyn. Jeho vnitřní energie vzrůstá.
b) Plyn se rozpíná, tím posunuje pístem a zároveň plyn odevzdává teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
c) Zahříváme plyn, ten se rozpíná a posunuje pístem. Vnitřní energie plynu se nemění.
d) Pístem stlačujeme plyn a zároveň mu odebíráme teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.

---

12) Horkou vodu nalijeme do čtyř stejných nádob, které uzavřeme. Každou nádobu obložíme jedním z následujících materiálů stejné tloušťky: igelitem, skelnou vlnou, bakelitem a polystyrenem. Ve které nádobě se teplota vody bude měnit nejpomaleji?

a) v obložené igelitem
b) v obložené skelnou vlnou
c) v obložené bakelitem
d) v obložené polystyrenem

9.1.4 Záznamový list odpovědí

Záznamový list odpovědí
Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

9.2 Statistické zpracování výsledků testu „Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo“

Statistické zpracování uvedené v této kapitole bylo provedeno pomocí programu Statistica [36].

9.2.1 Četnosti dosažených hrubých skórů

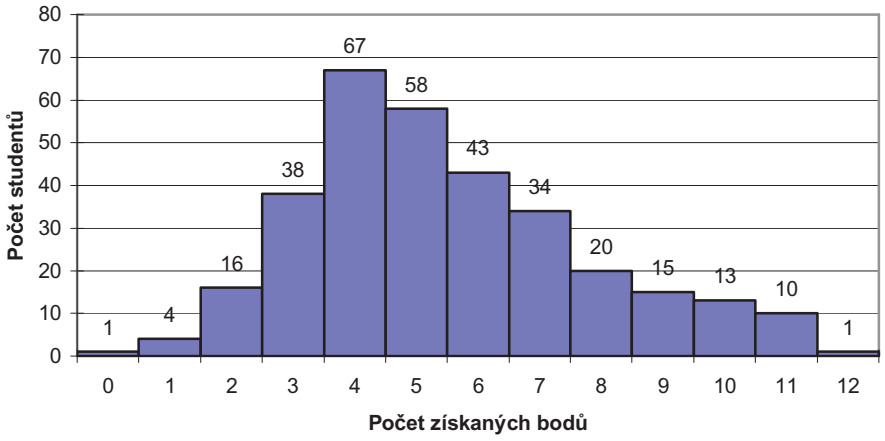
Tabulka 9.3 uvádí absolutní četnosti, kumulativní absolutní četnosti, relativní četnosti a kumulativní relativní četnosti dosaženého hrubého skóru.

Tabulka 9.3: Četnosti dosaženého hrubého skóru

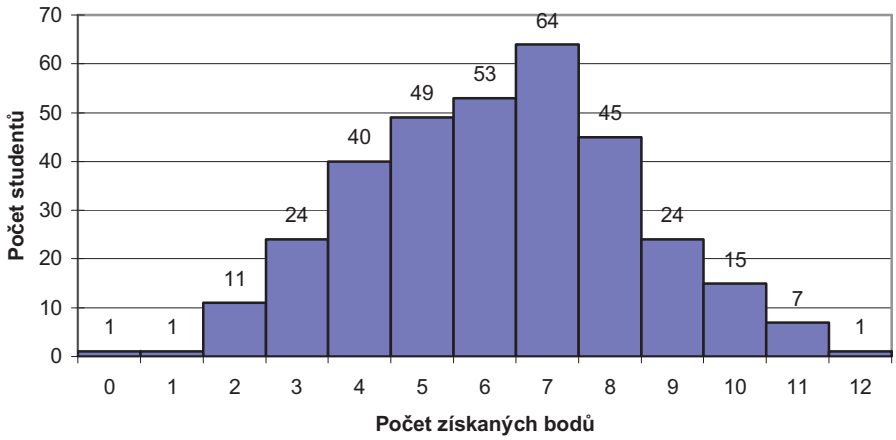
	Varianta A				Varianta B			
Hrubý skór	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
0	1	1	0,31	0,31	1	1	0,30	0,30
1	4	5	1,25	1,56	1	2	0,30	0,60
2	16	21	5,00	6,56	11	13	3,28	3,88
3	38	59	11,88	18,44	24	37	7,16	11,04
4	67	126	20,94	39,38	40	77	11,94	22,99
5	58	184	18,13	57,50	49	126	14,63	37,61
6	43	227	13,44	70,94	53	179	15,82	53,43
7	34	261	10,63	81,56	64	243	19,10	72,54
8	20	281	6,25	87,81	45	288	13,43	85,97
9	15	296	4,69	92,50	24	312	7,16	93,13
10	13	309	4,06	96,56	15	327	4,48	97,61
11	10	319	3,13	99,69	7	334	2,09	99,70
12	1	320	0,31	100,00	1	335	0,30	100,00
Celkem	320		100,00		335		100,00	

Pro lepší názornost jsou uvedeny grafy rozdělení absolutních četností bodových zisků (hrubého skóru).

Graf 9.1: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta A



Graf 9.2: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta B



Tabulka 9.4: Test normality rozložení *HS* ve Variantě A

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-1	5	12,26	-7,26	4,30
2	16	18,11	-2,11	0,25
3	38	31,22	6,78	1,47
4	67	44,81	22,19	10,98
5	58	53,55	4,45	0,37
6	43	53,28	-10,28	1,98
7	34	44,13	-10,13	2,32
8	20	30,43	-10,43	3,57
9	15	17,47	-2,47	0,35
10	13	8,35	4,65	2,59
11-12	11	4,42	6,58	9,79
Suma	320			37,98

Normalita dat byla ověřována χ^2 testem. Výsledky získané pomocí programu Statistica jsou uvedeny v tabulkách 9.4 (Varianta A) a 9.5 (Varianta B).

Body jsou rozděleny do 11 tříd, počet stupňů volnosti je tedy roven 8 (viz část 5.1.2). Z [13] kritická hodnota χ^2 rozdělení pro 8 stupňů volnosti je 15,51 pro hladinu významnosti 5 %. Protože 37,98 > 15,51, musíme hypotézu o normálním rozdělení zamítnout.

Tabulka 9.5: Test normality rozložení *HS* ve Variantě B

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-2	13	14,03	-1,03	0,08
3	24	20,70	3,30	0,53
4	40	36,64	3,36	0,31
5	49	52,54	-3,54	0,24
6	53	61,04	-8,04	1,06
7	64	57,45	6,55	0,75
8	45	43,80	1,20	0,03
9	24	27,05	-3,05	0,34
10	15	13,54	1,46	0,16
11-12	8	7,28	0,71	0,07
Suma	335	334,08	0,92	3,56

V tomto případě jsou body rozděleny do 10 tříd, počet stupňů volnosti je tedy 7. Statistika χ^2 má hodnotu 3,56. Kritická hodnota χ^2 rozdělení se 7 stupni volnosti je 14,07 na hladině 5 %. Protože 3,56 < 14,07, hypotézu o normálním rozdělení nezamítáme. Data tedy neodporují normálnímu rozdělení.

9.2.2 Percentilová pořadí

V tabulce 9.6 jsou vypočtena percentilová pořadí podle vztahu (22) pro obě varianty testu.

Tabulka 9.6: Percentilová pořadí

Hrubý skór	Percentilové pořadí	
	Varianta A	Varianta B
0	0,16	0,15
1	0,94	0,45
2	4,06	2,24
3	12,50	7,46
4	28,91	17,01
5	48,44	30,30
6	64,22	45,52
7	76,25	62,99
8	84,69	79,25
9	90,16	89,55
10	94,53	95,37
11	98,13	98,66
12	99,84	99,85

9.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky

Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu jsou uvedeny v tabulce 9.7.

Tabulka 9.7: Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu

	Počet studentů	Aritmet. průměr *HS*	95 % interval spolehlivosti pro aritm. průměr		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Variační šíře	Rozptyl	Směrod. odchylka
Varianta A	320	5,472	5,217	5,727	5	4	7	12	5,372	2,318
Varianta B	335	6,212	5,980	6,444	6	5	8	12	4,665	2,160

9.2.4 Stanovení reliability testu

Ke stanovení reliability testu bylo použito Cronbachova alfa dle vztahu (20).

Varianta A: $\boldsymbol{\alpha = 0{,}547}$

Varianta B: $\boldsymbol{\alpha = 0{,}448}$

9.2.5 Položková analýza - statistické charakteristiky úloh

V této části je proveden rozbor jednotlivých úloh testu. Tabulky 9.8 a 9.9 uvádějí některé charakteristiky všech úloh a zhodnocení příspěvku každé z nich k celkovému výsledku testu. Pro lepší přehlednost jsou uvedeny grafy obtížnosti (grafy 9.3 a 9.5) a neřešenosti (grafy 9.4 a 9.6) jednotlivých úloh.

Význam jednotlivých sloupců v tabulkách je následující:

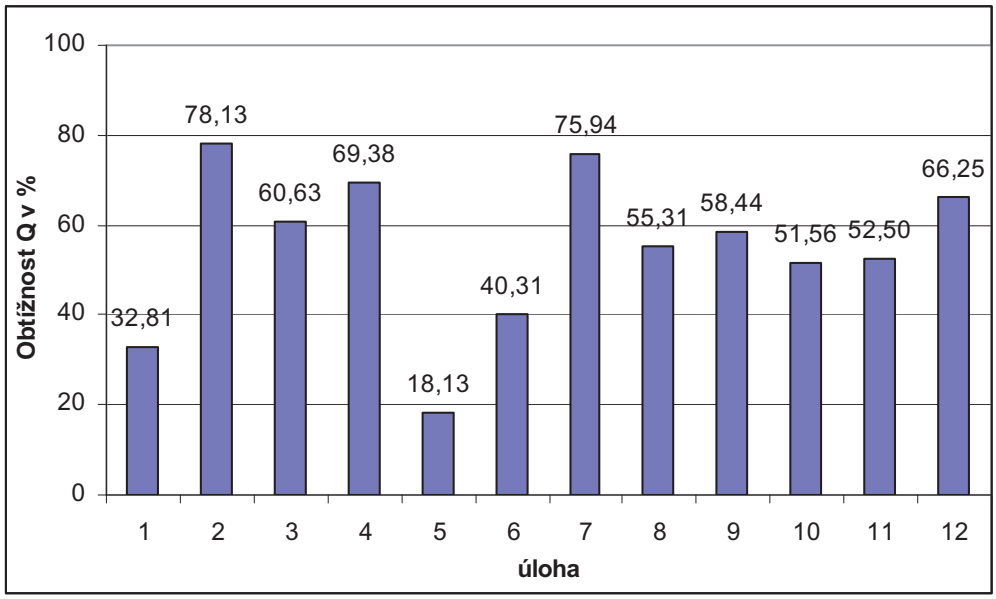
1. sloupec – číslo úlohy v testu
2. sloupec – obtížnost položky Q v % dle vztahu (2)
3. sloupec – neřešenost jednotlivých úloh, tj. relativní četnost studentů, kteří danou položku neřešili (neuvedli odpověď)

4. sloupec – koeficient citlivosti ULI dle vztahu (5), kde $a = 2$
5. sloupec – aritmetický průměr hrubého skóru testu při vynechání dané položky
6. sloupec - rozptyl hrubého skóru testu při vynechání dané položky
7. sloupec – směrodatná odchylka hrubého skóru testu při vynechání dané položky
8. sloupec – korelační koeficient dané položky s celkovým hrubým skórem v testu
9. sloupec – reliabilita testu (Cronbachovo alfa) v případě vynechání dané položky

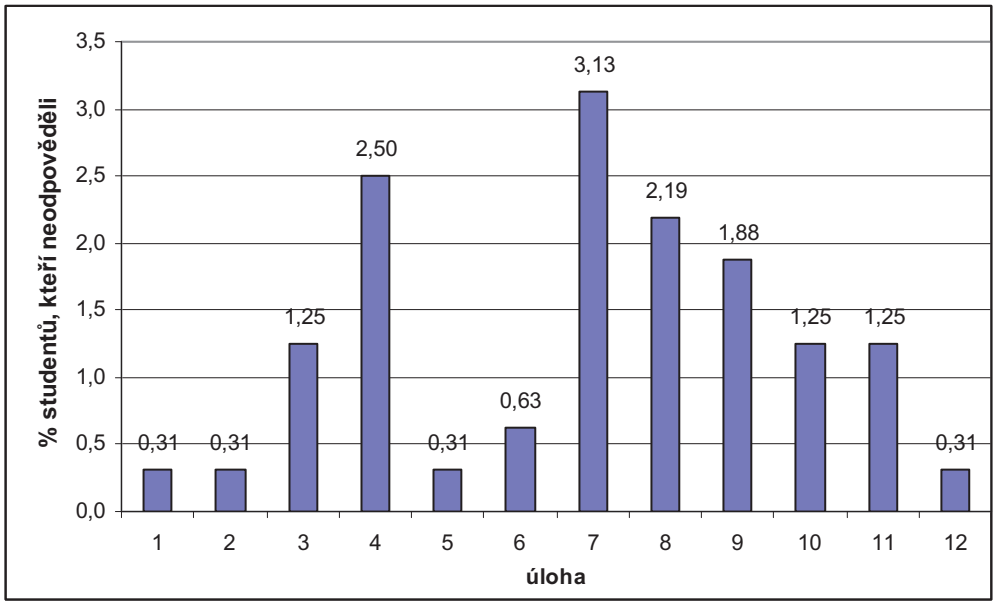
Tabulka 9.8: Statistické charakteristiky úloh – Varianta A

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	32,81	0,31	0,33	4,734	4,758	2,181	0,144	0,544
2	78,13	0,31	0,40	5,188	4,502	2,122	0,342	0,500
3	60,63	1,25	0,53	5,012	4,437	2,107	0,290	0,508
4	69,38	2,50	0,44	5,100	4,584	2,141	0,241	0,521
5	18,13	0,31	0,33	4,588	4,805	2,192	0,189	0,533
6	40,31	0,63	0,35	4,809	4,723	2,173	0,145	0,544
7	75,94	3,13	0,17	5,166	5,026	2,242	0,033	0,565
8	55,31	2,19	0,53	4,959	4,420	2,102	0,289	0,508
9	58,44	1,88	0,50	4,991	4,359	2,088	0,326	0,498
10	51,56	1,25	0,47	4,922	4,622	2,150	0,186	0,534
11	52,50	1,25	0,48	4,931	4,533	2,129	0,231	0,523
12	66,25	0,31	0,43	5,069	4,583	2,141	0,230	0,523

Graf 9.3: Obtížnost úloh – Varianta A



Graf 9.4: Neřešenost úloh – Varianta A



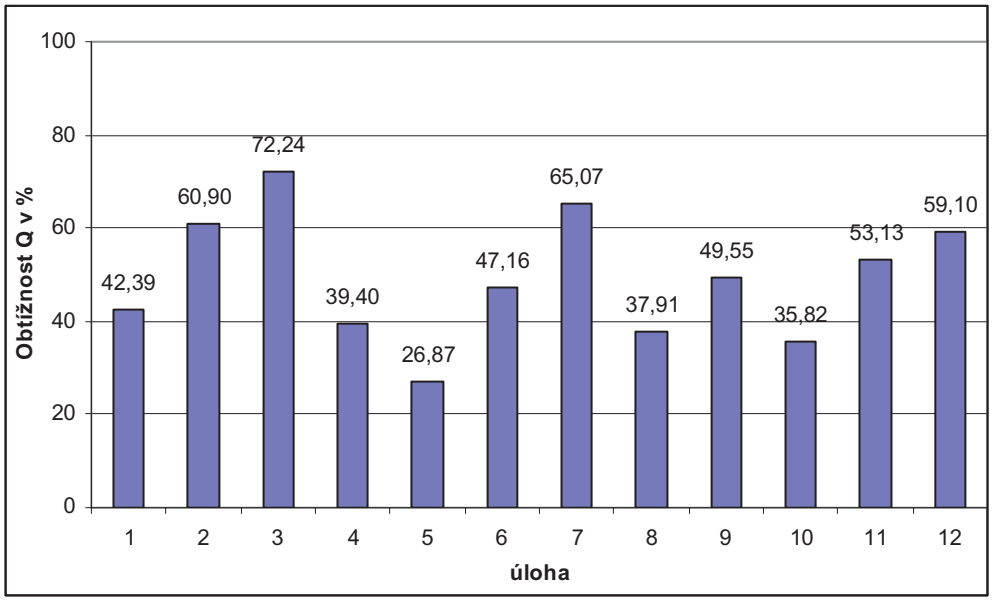
Jak je vidět z tabulky 9.8 a grafů 9.3 a 9.4, žádná úloha nebyla extrémně snadná nebo extrémně obtížná a počet vynechaných odpovědí v žádné úloze nepřekračuje 3,2 %. Obtížnosti se pohybují v rozmezí (18 – 80) %, nejsnadnější byla pro studenty úloha 5, která má společně s úlohami 1, 2 a 12 také nejnižší neřešenost.

Nejnižší citlivost (koeficient ULI = 0,17) vykazuje úloha 7, což zřejmě souvisí s poměrně vysokou (ve srovnání s ostatními úlohami) obtížností (Q = 76 %). Tato úloha také mírně snižuje reliabilitu testu a téměř nekoreluje s celkovým hrubým skórem. Všechny ostatní položky přispívají ke zvýšení reliability.

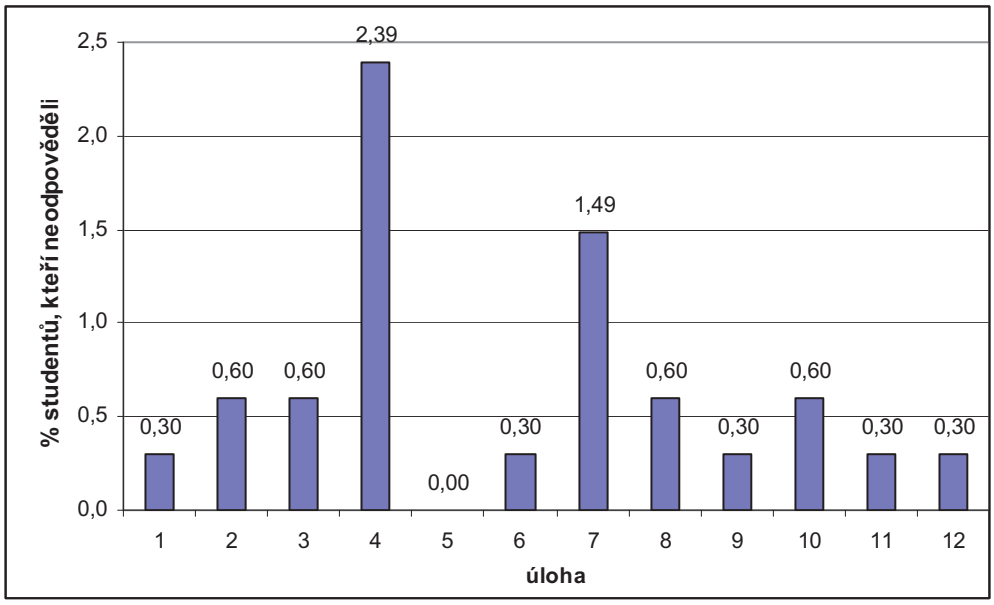
Tabulka 9.9: Statistické charakteristiky úloh – Varianta B

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	42,39	0,30	0,41	5,528	4,112	2,028	0,200	0,416
2	60,90	0,60	0,29	5,713	4,264	2,065	0,126	0,439
3	72,24	0,60	0,46	5,827	4,048	2,012	0,282	0,393
4	39,40	2,39	0,49	5,499	4,059	2,015	0,233	0,406
5	26,87	0,00	0,40	5,373	4,150	2,037	0,227	0,410
6	47,16	0,30	0,29	5,576	4,423	2,103	0,040	0,466
7	65,07	1,49	0,14	5,755	4,692	2,166	-0,079	0,497
8	37,91	0,60	0,40	5,484	4,112	2,028	0,208	0,414
9	49,55	0,30	0,59	5,600	3,936	1,984	0,288	0,387
10	35,82	0,60	0,41	5,463	4,093	2,023	0,223	0,409
11	53,13	0,30	0,45	5,636	4,082	2,020	0,211	0,412
12	59,10	0,30	0,29	5,696	4,391	2,095	0,060	0,459

Graf 9.5: Obtížnost úloh – Varianta B



Graf 9.6: Neřešenost úloh – Varianta B



Také ve Variantě B byla nejsnadnější úlohou úloha 5, zde dokonce vykazuje nulovou neřešenost. Extrémní hodnoty obtížnosti se v této variantě nevyskytují, všechny jsou větší než 20 % a menší než 80 %. Počet vynechaných odpovědí v ostatních úlohách je také velmi nízký, ve všech případech menší než 2,5 %, ve většině případů dokonce menší než 1 %.

Stejně jako ve Variantě A, nejnižší citlivost (koeficient ULI = 0,14) vykazuje úloha 7, která snižuje reliabilitu testu a slabě záporně koreluje s celkovým hrubým skóre. Mírně snižují reliabilitu ještě položky 6 a 12. Všechny ostatní položky přispívají ke zvýšení reliability.

10 Didaktický test Struktura a vlastnosti plynů

10.1 Popis, zadání a řešení testu

Test ověřuje vědomosti a dovednosti studentů gymnázií v oblasti učiva o plynech z hlediska molekulové fyziky a termodynamiky. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika – kapitoly „Struktura a vlastnosti plynného skupenství látek“ a „Kruhový děj s ideálním plynem“, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia [32] a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce [19]. Testové úlohy 3, 4 a 6 jsou početní. Tyto úlohy se vyžadují použití stavové rovnice ideálního plynu (úloha 3 Varianty A a úloha 4 Varianty B), stavové rovnice ideálního plynu stálé hmotnosti (úloha 4 Varianty A a úloha 3 Varianty B a použití stavové rovnice pro izochorický (úloha 6 Varianty A), resp. izobarický (úloha 6 Varianty B) děj s ideálním plynem. K řešení by studenti měli mít k dispozici fyzikální tabulky (event. periodickou tabulku prvků) k vyhledání relativních atomových hmotností.

Test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Každá varianta obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Úlohy v obou variantách jsou analogické (ne však stejné). Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí. U zadání úloh 3, 4 a 6 je uvedeno „*Uveďte postup řešení*“. Početní řešení těchto úloh by měli studenti uvést na volné místo v Záznamovém listu odpovědí.

Z hlediska klasifikace testů (viz podkapitola 1.1) patří test mezi kognitivní, monotematické, výstupní, ověřující a objektivně skórovatelné testy. Struktura testu byla vytvořena pomocí specifikační tabulky (viz část 10.1.1).

Správné řešení obou variant testu je uvedeno v tabulce 10.1.

Tabulka 10.1: Řešení testu „Struktura a vlastnosti plynů“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	d	c	a	d	a	b	b	b	d	c	b	c
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	a	b	c	c	b	a	d	d	b	a	c	d

10.1.1 Specifikační tabulka

Hodinová dotace fyziky: 2 hodiny týdně, tj. 66 hodin za rok

Hodinová dotace kapitoly Struktura a vlastnosti plynů: 12 hodin

Počet úloh v testu: 12

Tabulka 10.2: Specifikační tabulka testu

Obsah	Počet hodin		Počet úloh		Úroveň osvojení			
					A	B	C	D
Ideální plyn	1	8 %	1	8 %	1	-	-	-
Teplota a tlak plynu	1	8 %	1	8 %	-	1	-	-
Stavová rovnice ideálního plynu	2	17 %	2	17 %	-	-	2	-
Izotermický, izobarický, izochorický děj	2	17 %	2	17 %	-	-	1	1
Stavové změny ideálního plynu z energetického hlediska	2	17 %	2	17 %	-	-	1	1
Adiabatický děj	1	8 %	1	8 %	-	-	-	1
Práce při stálém a proměnném tlaku	1	8 %	1	8 %	-	-	-	1
Kruhový děj	1	8 %	1	8 %	-	-	-	1
Druhý termodynamický zákon, tepelné motory	1	8 %	1	8 %	-	1	-	-
Celkem	12	100 %	12	100 %	1	2	4	5

10.1.2 Zadání testu – Varianta A

Struktura a vlastnosti plynů
Varianta A

---

1) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o molekulách ideálního plynu vyplývajících z jejich vzájemného působení je správné.

a) Hodnota potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je větší než hodnota celkové kinetické energie těchto molekul.
b) Molekuly ideálního plynu na sebe navzájem nenarážejí.
c) Molekuly ideálního plynu na sebe při malých vzájemných vzdálenostech působí odpudivými silami, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivými silami.
d) Při srážce molekuly ideálního plynu se stěnou nádoby se nemění velikost rychlosti molekuly.

---

2) Při termodynamické teplotě T má střední kvadratická rychlost molekul plynu hodnotu v_k. Na jakou hodnotu by se musela změnit termodynamická teplota plynu, aby byla střední kvadratická rychlost molekul dvojnásobná?

a) $2 \cdot T$ b) $T/2$ c) $4 \cdot T$ d) $T/4$

---

3) V nádobě o objemu 10 litrů je dusík N_2 o hmotnosti 28 g a teplotě 27 °C. Jaký je jeho tlak? Dusík považujte za ideální plyn.

a) $2{,}5 \cdot 10^5$ Pa b) $2{,}2 \cdot 10^4$ Pa c) 249 Pa d) 22 Pa

Uveďte postup řešení.

---

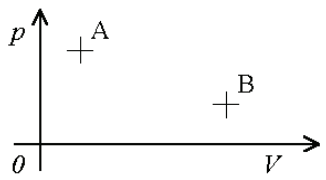
4) Ideální plyn zaujímá objem 10 litrů. Jaký bude objem plynu, sníží-li se jeho tlak o 20 % a jeho termodynamická teplota se dvakrát zvětší?

a) 1 litr b) 100 litrů c) 4 litry d) 25 litrů

Uveďte postup řešení.

---

5) Na obrázku jsou v p-V diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.



Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:

a) izotermickou expanzí
b) izobarickou kompresí
c) izobarickou expanzí
d) izochorickým snížením tlaku

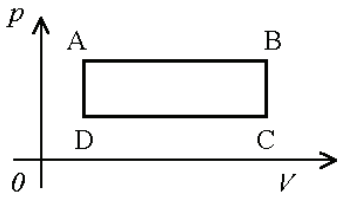
---

6) O kolik % je nutno změnit tlak ideálního plynu uzavřeného v nádobě stálého objemu, aby jeho termodynamická teplota vzrostla o 35 %?

a) snížit o 35 % b) zvýšit o 35 % c) snížit o 65 % d) zvýšit o 65 %

Uveďte postup řešení.

7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává
c) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně

8) Označme: ΔU přírůstek vnitřní energie ideálního plynu, Q teplo přijaté ideálním plynem, W práci vykonanou ideálním plynem. Rozhodněte, která z rovnic <u>nepopisuje</u> uvedený děj s ideálním plynem.

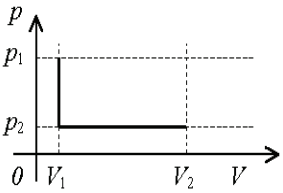
a) $\Delta U = -W$ adiabatický děj
b) $\Delta U = Q$ kruhový děj
c) $Q = W$ izotermický děj
d) $\Delta U = Q - W$ izobarický děj

9) Rozhodněte, který z následujících dějů může být adiabatickým dějem.

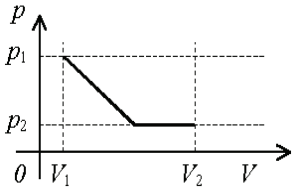
a) Plyn koná práci, jeho vnitřní energie vzrůstá.
b) Plyn koná práci, jeho vnitřní energie se nemění.
c) Vnitřní energie plynu vzrůstá, plyn nemění svůj objem.
d) Plyn koná práci, jeho vnitřní energie se snižuje.

10) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

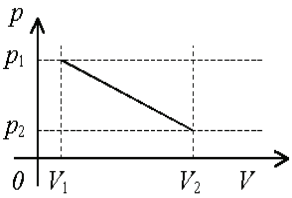
Graf 1:



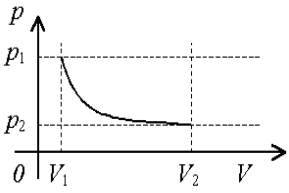
Graf 2:



Graf 3:



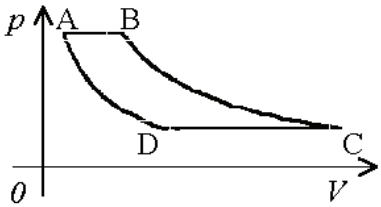
Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal největší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

11) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

a) $T_A = T_B$, $T_B > T_C$
b) $T_A < T_B$, $T_B = T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_C = T_D$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$

12) Rozhodněte, který z následujících tepelných strojů nemůže pracovat periodicky.

a) Stroj, který konáním práce odebírá teplo chladiči a předává ho ohřívači.
b) Stroj, který přijímá teplo Q od ohřívače, koná práci $W < Q$ a teplo $Q - W$ předává chladiči.
c) Stroj, který přijímá teplo Q od ohřívače a koná stejně velkou práci W.
d) Stroj, který konáním práce odebírá teplo z teplejšího prostředí a všechno toto teplo předává do prostředí chladnějšího.

10.1.3 Zadání testu – Varianta B

Struktura a vlastnosti plynů
Varianta B

1) Pro potenciální energii E_p molekul ideálního plynu vyplývající z jejich vzájemného silového působení a celkovou kinetickou energii E_K těchto molekul platí:

a) $E_p = 0$
b) $E_p > 0$
c) $E_p > E_K$
d) $0 < E_p < E_K$

2) Při termodynamické teplotě T má střední kvadratická rychlost molekul plynu hodnotu v_k. Jakou hodnotu bude mít střední kvadratická rychlost molekul plynu při čtyřnásobné termodynamické teplotě?

a) $v_k/2$ b) $2 \cdot v_k$ c) $4 \cdot v_k$ d) $v_k/4$

3) Ideální plyn má tlak 2,0 . 10^5 Pa. Jaký bude jeho tlak, jestliže se jeho termodynamická teplota zvýší o 20 % a objem plynu se dvakrát zmenší?

a) $5{,}0 \cdot 10^5$ Pa b) $0{,}8 \cdot 10^5$ Pa c) $4{,}8 \cdot 10^5$ Pa d) $3{,}3 \cdot 10^5$ Pa

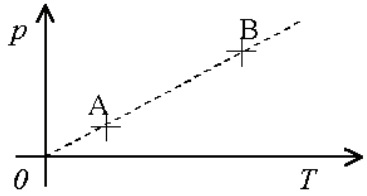
Uveďte postup řešení.

4) V nádobě o objemu 15 litrů je kyslík O_2 o teplotě 35 °C a tlaku 1,6 . 10^5 Pa. Jaká je jeho hmotnost? Kyslík považujte za ideální plyn.

a) 264 g b) 264 kg c) 30 g d) 30 kg

Uveďte postup řešení.

5) Na obrázku jsou v *p-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.
Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:



a) izobarickým zvětšením objemu plynu
b) izochorickým zvýšením teploty plynu
c) izotermickým zvýšením tlaku plynu
d) izobarickým zvýšením teploty plynu

6) Při jaké teplotě ve °C bude mít ideální plyn dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky?

a) 313 °C b) 40 °C c) 10 °C d) -127 °C

Uveďte postup řešení.

7) Ideálnímu plynu bylo izochoricky dodáno teplo 2,5 kJ. Vyberte správné tvrzení vztahující se k tomuto ději.

a) Plyn vykonal práci 2,5 kJ, vnitřní energie plynu se nezměnila.
b) Část dodaného tepla se spotřebovala na změnu objemu plynu, část na zvýšení vnitřní energie plynu.
c) Plyn vykonal práci 2,5 kJ, vnitřní energie plynu se snížila.
d) Plyn nevykonal žádnou práci, vnitřní energie plynu vzrostla o 2,5 kJ.

---

8) Označme: ΔU přírůstek vnitřní energie ideálního plynu, Q teplo přijaté ideálním plynem, W práci vykonanou ideálním plynem. Rozhodněte, která z rovnic <u>nepopisuje</u> uvedený děj s ideálním plynem.

a) $\Delta U = Q - W$ izobarický děj
b) $Q = W$ izotermický děj
c) $\Delta U = -W$ adiabatický děj
d) $\Delta U = 0$ izochorický děj

---

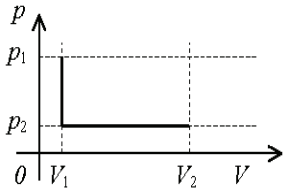
9) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o adiabatickém ději je správné.

a) Vnitřní energie plynu se nemění.
b) Plyn může konat práci na úkor své vnitřní energie.
c) Teplota plynu se nemění.
d) Plyn nemůže konat práci.

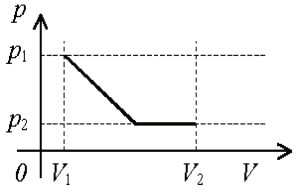
---

10) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

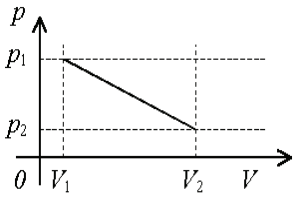
Graf 1:



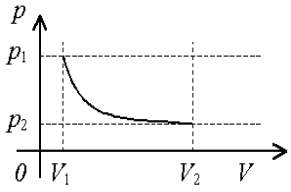
Graf 2:



Graf 3:



Graf 4:

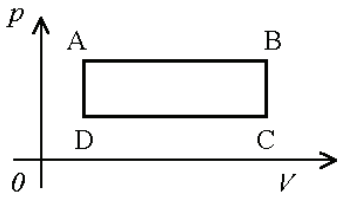


Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal nejmenší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

---

11) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
b) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně
c) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává
d) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává

12) Účinnost tepelného motoru:

a) je tím větší, čím větší teplo předá ohřívač chladiči
b) vzroste, pokud zmenšíme rozdíl teplot ohřívače a chladiče
c) je přímo úměrná teplotě ohřívače
d) vzroste, pokud zvětšíme rozdíl teplot ohřívače a chladiče

10.1.4 Záznamový list odpovědí

Záznamový list odpovědí
Struktura a vlastnost plynů

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu. Sem také **uveďte <u>celý postup</u> řešení úloh**, u kterých je v zadání napsáno „***Uveďte postup řešení.***“.

10.2 Statistické zpracování výsledků testu „Struktura a vlastnosti plynů“

Statistické zpracování uvedené v této kapitole bylo provedeno pomocí programu Statistica [36].

10.2.1 Četnosti dosažených hrubých skórů

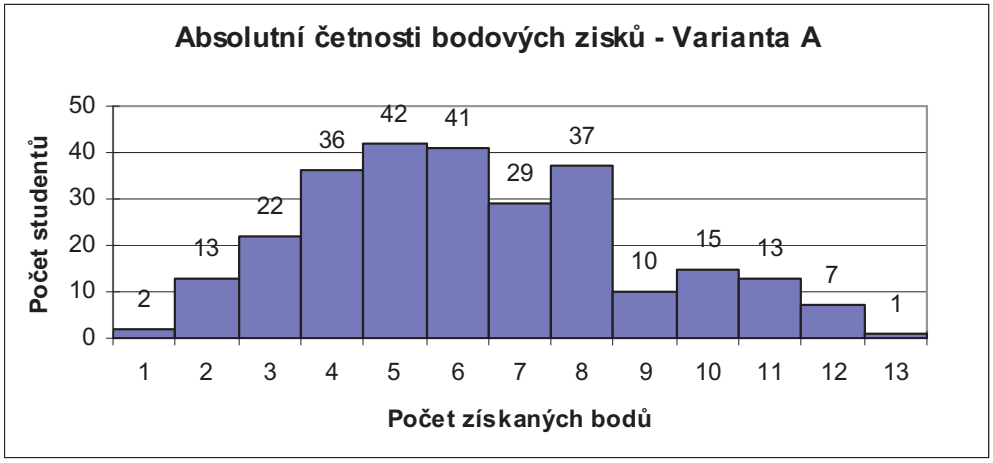
Tabulka 10.3 uvádí absolutní četnosti, kumulativní absolutní četnosti, relativní četnosti a kumulativní relativní četnosti dosaženého hrubého skóru.

Tabulka 10.3: Četnosti dosaženého hrubého skóru

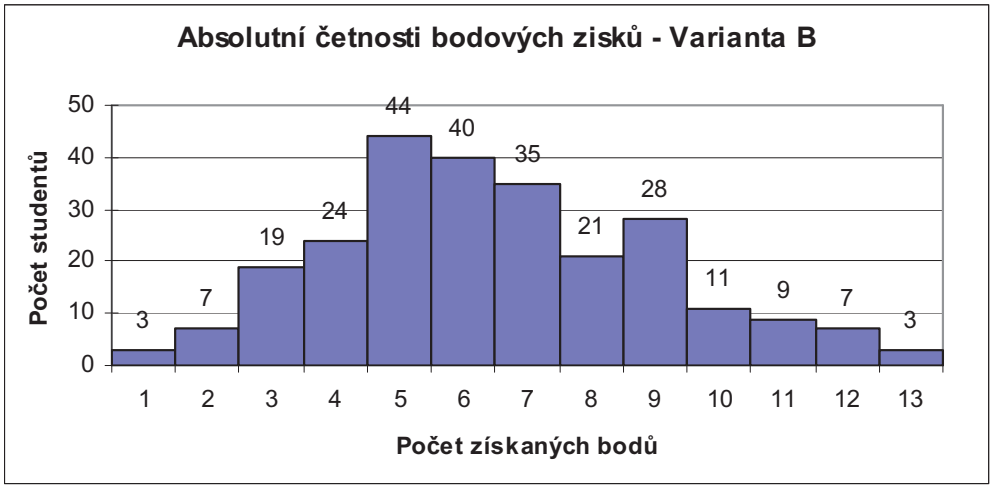
	Varianta A				Varianta B			
Hrubý skór	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
0	2	2	0,75	0,75	3	3	1,20	1,20
1	13	15	4,85	5,60	7	10	2,79	3,98
2	22	37	8,21	13,81	19	29	7,57	11,55
3	36	73	13,43	27,24	24	53	9,56	21,12
4	42	115	15,67	42,91	44	97	17,53	38,65
5	41	156	15,30	58,21	40	137	15,94	54,58
6	29	185	10,82	69,03	35	172	13,94	68,53
7	37	222	13,81	82,84	21	193	8,37	76,89
8	10	232	3,73	86,57	28	221	11,16	88,05
9	15	247	5,60	92,16	11	232	4,38	92,43
10	13	260	4,85	97,01	9	241	3,59	96,02
11	7	267	2,61	99,63	7	248	2,79	98,80
12	1	268	0,37	100,00	3	251	1,20	100,00
Celkem	268		100,00		251		100,00	

Pro lepší názornost jsou uvedeny grafy rozdělení absolutních četností bodových zisků (hrubého skóru).

Graf 10.1: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta A



Graf 10.2: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta B



Tabulka 10.4: Test normality rozložení *HS* ve Variantě A

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-1	15	16,02	-1,02	0,07
2	22	18,83	3,17	0,54
3	36	28,40	7,60	2,04
4	42	36,87	5,13	0,71
5	41	41,21	-0,21	0,00
6	29	39,65	-10,65	2,86
7	37	32,84	4,16	0,53
8	10	23,41	-13,41	7,68
9	15	14,37	0,63	0,03
10	13	7,59	5,41	3,85
11-12	8	4,80	3,20	2,13
Suma	268			20,43

Normalita dat byla ověřována χ^2 testem. Výsledky získané pomocí programu Statistica jsou uvedeny v Tabulkách 10.4 (Varianta A) a 10.5 (Varianta B).

Body jsou rozděleny do 11 tříd, počet stupňů volnosti je tedy roven 8 (viz část 5.1.2). Z [13] kritická hodnota χ^2 rozdělení pro 8 stupňů volnosti je 15,51 pro hladinu významnosti 5 %. Protože 20,43 > 15,51, musíme hypotézu o normálním rozdělení zamítnout, i když důvod k zamítnutí není tak silný jako v případě Varianty A testu Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo. Rozdíl by se ještě snížil, pokud bychom rozhodovali na hladině významnosti 1 %. Kritická hodnota pro tento případ je rovna 20,09.

Tabulka 10.5: Test normality rozložení HS ve Variantě B

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-1	10	12,33	-2,33	0,44
2	19	15,48	3,52	0,80
3	24	24,45	-0,45	0,01
4	44	33,13	10,87	3,57
5	40	38,51	1,49	0,06
6	35	38,40	-3,40	0,30
7	21	32,85	-11,85	4,28
8	28	24,12	3,88	0,63
9	11	15,19	-4,19	1,15
10	9	8,21	0,79	0,08
11-12	10	5,31	4,69	4,13
Suma	251			15,45

V tomto případě jsou body též rozděleny do 11 tříd, což odpovídá 8 stupňům volnosti. Statistika χ^2 má hodnotu 15,45, což je méně než kritická hodnota χ^2 rozdělení s 8 stupni volnosti na hladině 5 %, která činí 15,51. Protože 15,45 < 15,51, hypotézu o normálním rozdělení nezamítáme. Data tedy neodporují normálnímu rozdělení.

10.2.2 Percentilová pořadí

V tabulce 10.6 jsou vypočtena percentilová pořadí podle vztahu (22) pro obě varianty testu.

Tabulka 10.6: Percentilová pořadí

Hrubý skór	Percentilové pořadí	
	Varianta A	Varianta B
0	0,37	0,60
1	3,17	2,59
2	9,70	7,77
3	20,52	16,33
4	35,07	29,88
5	50,56	46,61
6	63,62	61,55
7	75,93	72,71
8	84,70	82,47
9	89,37	90,24
10	94,59	94,22
11	98,32	97,41
12	99,81	99,40

10.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky

Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu jsou uvedeny v tabulce 10.7.

Tabulka 10.7: Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu

	Počet studentů	Aritmet. průměr *HS*	95 % interval spolehlivosti pro aritm. průměr		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Variační šíře	Rozptyl	Směrod. odchylka
Varianta A	268	5,243	4,934	5,551	5	3	7	12	6,589	2,567
Varianta B	251	5,482	5,167	5,798	5	4	7	12	6,443	2,538

10.2.4 Stanovení reliability testu

Ke stanovení reliability testu bylo použito Cronbachova alfa dle vztahu (20).

Varianta A: $\alpha = \mathbf{0,615}$

Varianta B: $\alpha = \mathbf{0,627}$

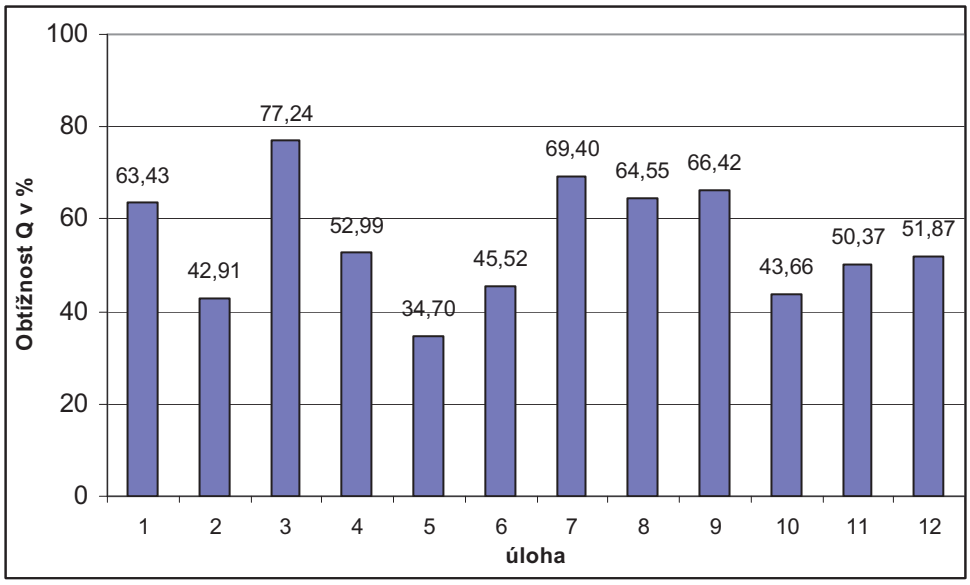
10.2.5 Položková analýza - statistické charakteristiky úloh

V této kapitole je proveden rozbor jednotlivých úloh testu. Tabulky 10.8 a 10.9 uvádějí některé charakteristiky všech úloh a zhodnocení příspěvku každé z nich k celkovému výsledku testu. Význam jednotlivých sloupců v tabulkách je vysvětlen u analogické tabulky v části 9.2.5. Pro lepší přehlednost jsou uvedeny grafy obtížnosti (grafy 10.3 a 10.5) a neřešenosti (grafy 10.4 a 10.6) jednotlivých úloh.

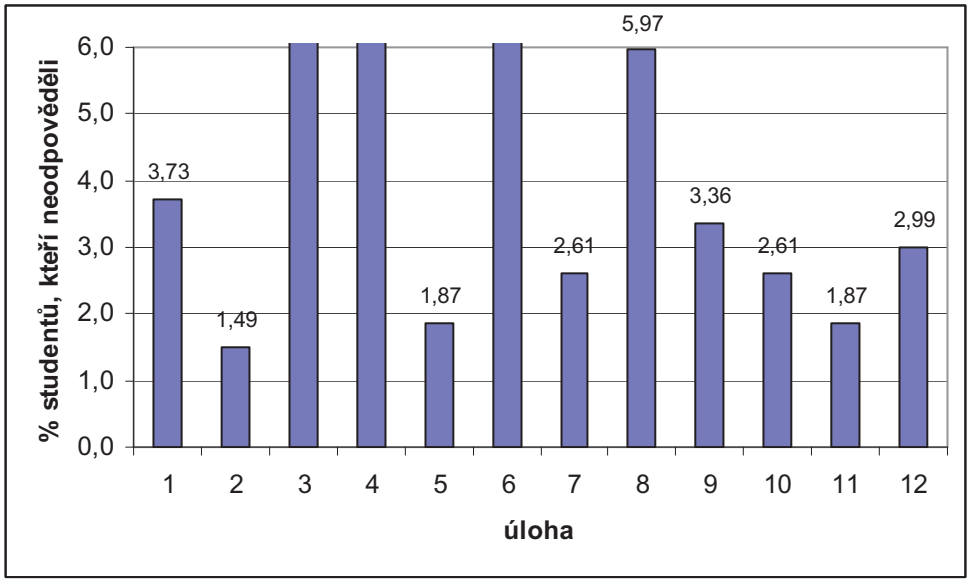
Tabulka 10.8: Statistické charakteristiky úloh – Varianta A

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	63,43	3,73	0,49	5,004	5,586	2,363	0,251	0,597
2	42,91	1,49	0,43	4,799	5,556	2,357	0,252	0,597
3	77,24	41,42	0,36	5,142	5,689	2,385	0,262	0,595
4	52,99	32,84	0,53	4,899	5,434	2,331	0,304	0,586
5	34,70	1,87	0,54	4,716	5,412	2,326	0,339	0,580
6	45,52	30,22	0,38	4,825	5,674	2,382	0,197	0,608
7	69,40	2,61	0,48	5,063	5,388	2,321	0,369	0,574
8	64,55	5,97	0,40	5,015	5,574	2,361	0,260	0,595
9	66,42	3,36	0,42	5,034	5,659	2,379	0,226	0,602
10	43,66	2,61	0,51	4,806	5,537	2,353	0,260	0,595
11	50,37	1,87	0,55	4,873	5,394	2,323	0,321	0,583
12	51,87	2,99	0,36	4,888	5,779	2,404	0,150	0,617

Graf 10.3: Obtížnost úloh – Varianta A



Graf 10.4: Neřešenost úloh – Varianta A

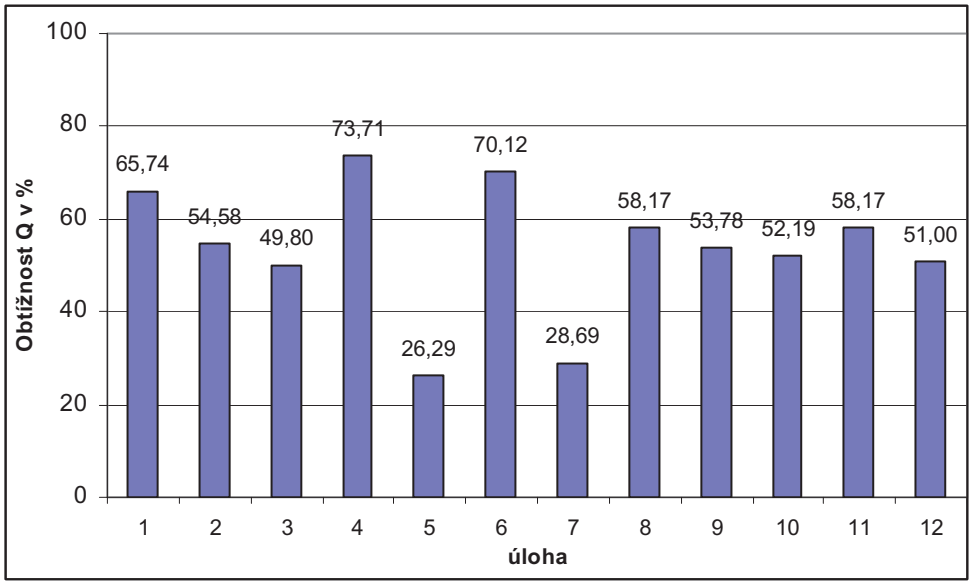


Obtížnost úloh je v rozmezí (30 – 80) %, žádná úloha tedy nevykazuje extrémní hodnotu obtížnosti. Úlohy 3, 4 a 6 neřešilo více než 30 % studentů, což zřejmě vypovídá o tom, že početní úlohy se studentům řešit nechtělo. Počet vynechaných odpovědí u ostatních úloh je menší než 6 %. Žádná z úloh nevykazuje extrémně nízkou citlivost. Všechny úlohy přispívají ke zvýšení reliability testu s výjimkou úlohy 12, která ji velice mírně snižuje.

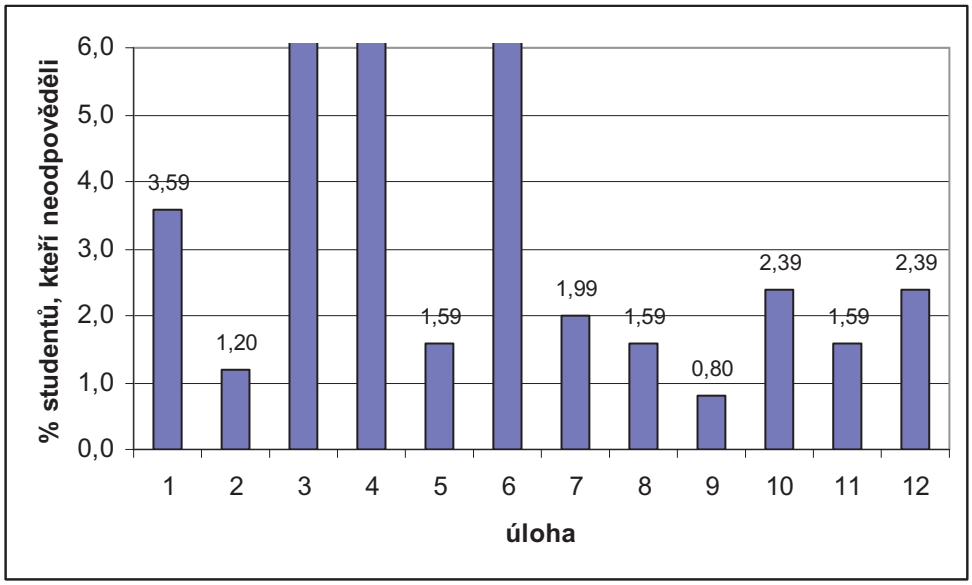
Tabulka 10.9: Statistické charakteristiky úloh – Varianta B

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	65,74	3,59	0,30	5,235	5,917	2,432	0,151	0,629
2	54,58	1,20	0,43	5,124	5,558	2,358	0,292	0,603
3	49,80	25,10	0,59	5,076	5,440	2,332	0,343	0,593
4	73,71	43,43	0,52	5,315	5,483	2,341	0,395	0,585
5	26,29	1,59	0,43	4,841	5,648	2,377	0,310	0,600
6	70,12	20,32	0,46	5,279	5,611	2,369	0,309	0,600
7	28,69	1,99	0,53	4,865	5,623	2,371	0,309	0,600
8	58,17	1,59	0,41	5,159	5,640	2,375	0,259	0,609
9	53,78	0,80	0,33	5,116	5,991	2,448	0,103	0,639
10	52,19	2,39	0,47	5,100	5,580	2,362	0,280	0,605
11	58,17	1,59	0,47	5,159	5,608	2,368	0,274	0,606
12	51,00	2,39	0,55	5,088	5,570	2,360	0,284	0,604

Graf 10.5: Obtížnost úloh – Varianta B



Graf 10.6: Neřešenost úloh – varianta B



Ani ve Variantě B se nevyskytují extrémní hodnoty obtížnosti úloh, všechny jsou v intervalu (20 – 80) %. Stejně jako ve Variantě A největší počet vynechaných odpovědí vykazují početní úlohy 3, 4 a 6, neřešenost ostatních úloh je nižší než 4 %. Reliabilitu testu mírně snižují úlohy 1 a 9.

11 Didaktický test Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin

11.1 Popis, zadání a řešení testu

Test ověřuje vědomosti a dovednosti studentů gymnázií v oblasti učiva o pevných látkách a kapalinách z hlediska molekulové fyziky a termodynamiky. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika – kapitoly „Struktura a vlastnosti pevných látek“ a „Struktura a vlastnosti kapalin“, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia [32] a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce [19]. Testové úlohy nejsou početní. K řešení by studenti měli mít k dispozici fyzikální tabulky, v úloze 7 Varianty A a v úloze 6 Varianty B k vyhledání součinitele teplotní délkové roztažnosti pevných látek a v úloze 12 k vyhledání součinitelů teplotní objemové roztažnosti kapalin.

Test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Každá varianta obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Úlohy v obou variantách jsou analogické (ne však stejné). Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí.

Z hlediska klasifikace testů (viz podkapitola 1.1) patří test mezi kognitivní, monotematické, výstupní, ověřující a objektivně skórovatelné testy. Struktura testu byla vytvořena pomocí specifikační tabulky (viz část 11.1.1).

Správné řešení obou variant testu je uvedeno v tabulce 11.1.

Tabulka 11.1: Řešení testu „Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	c	c	a	d	a	d	b	b	a	d	c	a
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	b	b	d	a	c	c	a	d	b	c	b	d

11.1.1 Specifikační tabulka

Hodinová dotace fyziky: 2 hodiny týdně, tj. 66 hodin za rok

Hodinová dotace kapitoly Struktura a vlastnosti pevných látek: 7 hodin

Hodinová dotace kapitoly Struktura a vlastnosti kapalin: 5 hodin

Počet úloh v testu: 12

Studenti mají k dispozici MFChT

Tabulka 11.2: Specifikační tabulka testu

Obsah	Počet hodin		Počet úloh		Úroveň osvojení			
					A	B	C	D
Krystalické a amorfní látky, krystalová mřížka a její poruchy	2	17 %	2	17 %	2	-	-	-
Deformace pevného tělesa	1	8 %	1	8 %	-	-	-	1
Normálové napětí, Hookův zákon	2	17 %	2	17 %	-	-	2	-
Teplotní roztažnost pevných těles a její užití v praxi	2	17 %	2	17 %	-	-	-	2
Povrchová vrstva kapaliny, povrchová síla	1	8 %	1	8 %	-	1	-	-
Povrchové napětí, jevy na rozhraní	2	17 %	2	17 %	-	1	-	1
Kapilární jevy	1	8 %	1	8 %	-	1	-	-
Teplotní objemová roztažnost kapalin	1	8 %	1	8 %	-	-	1	-
Celkem	12	100 %	12	100 %	2	3	3	4

11.1.2 Zadání testu – varianta A

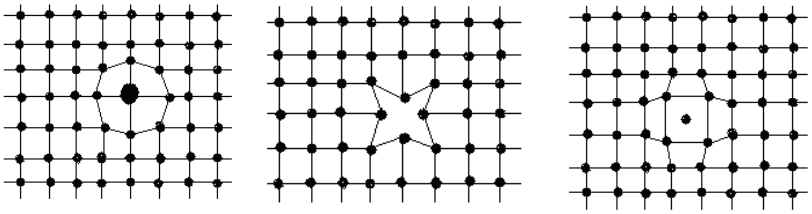
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin
Varianta A

1) Rozhodněte, které tvrzení o pevných látkách <u>není</u> správné.

a) V monokrystalu jsou částice (atomy, molekuly nebo ionty) pravidelně uspořádány.
b) Vzájemná poloha jednotlivých krystalků v polykrystalu je nahodilá.
c) Většina monokrystalů je izotropních (mají stejné fyzikální vlastnosti ve všech směrech).
d) V amorfních látkách nejsou částice na delší vzdálenosti pravidelně uspořádány.

2) Na obrázcích jsou znázorněny tři typy bodových poruch krystalové mřížky.

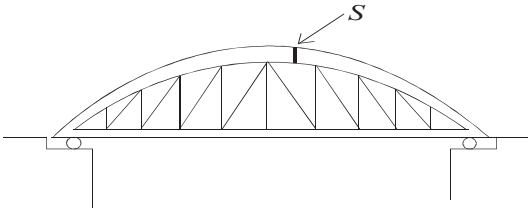
Obr. 1: **Obr. 2:** **Obr. 3:**



Na kterém obrázku je znázorněna vakance, na kterém příměs a na kterém intersticiální poloha částice?

a) Obr. 1: příměs, Obr. 2: intersticiální poloha částice, Obr. 3: vakance
b) Obr. 1: vakance, Obr. 2: intersticiální poloha částice, Obr. 3: příměs
c) Obr. 1: příměs, Obr. 2: vakance, Obr. 3: intersticiální poloha částice
d) Obr. 1: intersticiální poloha částice, Obr. 2: vakance, Obr. 3: příměs

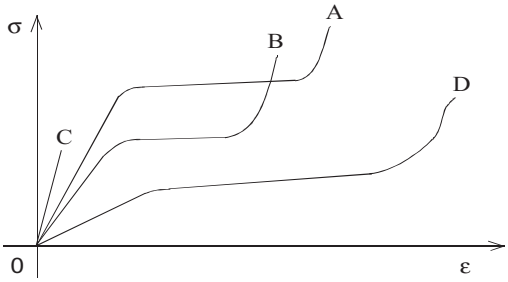
3) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.



V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:

a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem

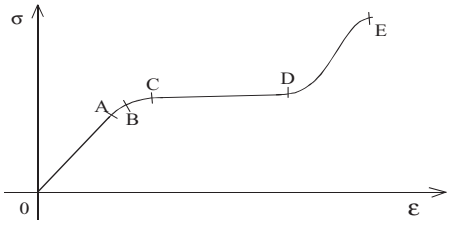
4) Na obrázku je křivka deformace tahem pro dráty ze čtyř různých materiálů A, B, C, D. Všechny čtyři dráty mají stejný obsah příčného řezu. Na zavěšené dráty byla věšena závaží, jejichž hmotnost se postupně zvyšovala, tj. v každém okamžiku byly všechny dráty zatíženy závažím stejné hmotnosti.



Který drát je vyroben z materiálu o nejmenším modulu pružnosti v tahu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) drát D

5) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.



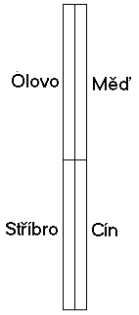
Rozhodněte, která část křivky vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

a) OA
b) OC
c) CD
d) OE

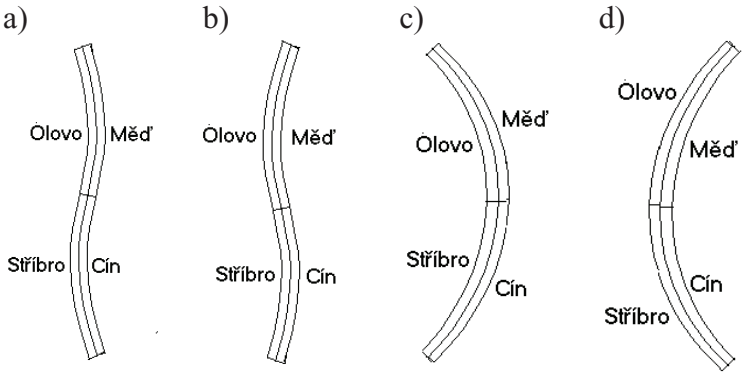
6) Při určité teplotě naměříme délkovým měřidlem jistou délku tyče. Jakou hodnotu délky tyče naměříme, pokud měřidlo i tyč ochladíme na nižší teplotu?

a) V každém případě naměříme větší hodnotu, protože ochlazením se smrští stupnice měřidla.
b) V každém případě naměříme menší hodnotu, protože ochlazením se zmenší délka tyče.
c) Naměříme vždy stejnou hodnotu, zmenšuje se sice délka tyče, ale zároveň se smršťuje i měřidlo.
d) Záleží na materiálu měřidla a tyče.

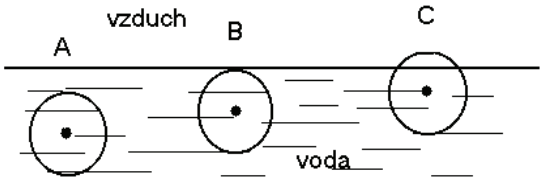
7) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – olova, mědi, stříbra a cínu (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?

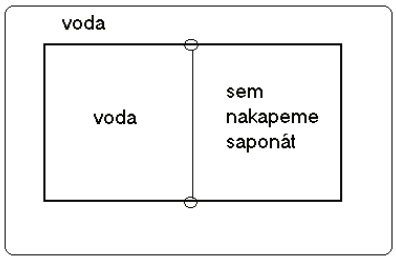


8) Na obrázku jsou pod rozhraním voda - vzduch znázorněny plnými malými kroužky molekuly vody A, B, C a kružnicemi jejich sféry molekulového působení. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o silách působících mezi molekulami vody.



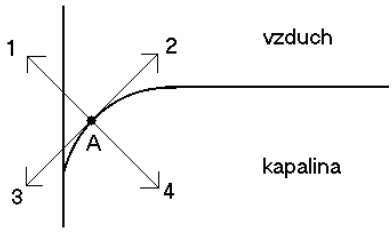
a) Výslednice přitažlivých sil, kterými působí molekuly ve sféře na molekulu A, je nulová.
b) Výslednice přitažlivých sil, kterými působí molekuly ve sféře na molekulu B, míří svisle dolů.
c) Výslednice přitažlivých sil, kterými působí molekuly ve sféře na molekulu C, míří svisle dolů.
d) Na všechny tři molekuly působí přitažlivé síly sousedních molekul vody.

9) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do pravé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}, povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}.



a) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
b) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
c) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

10) Na obrázku je svislý řez kapalinou, která nesmáčí stěny nádoby, ve které je nalita. Jaký směr má výslednice přitažlivých sil působících na molekulu A kapaliny od ostatních molekul kapaliny?



a) směr 1
b) směr 2
c) směr 3
d) směr 4

11) Čím je způsoben pokles hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární depresi?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu *S*. Protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*, působí na kapalinu v kapiláře vzduch větším tlakem než na hladinu kapaliny v širší části nádoby. Kapalina v kapiláře tedy sestoupí níže, než je hladina kapaliny v širší části nádoby .
b) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu *S*, působí na ni tedy malý tlak vzduchu *p*, protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*. Kapalina v kapiláře proto vytlačuje kapalinu v širší části nádoby vzhůru.
c) Kapalina v kapiláře má vypuklý povrch, pod kterým je vnitřní tlak větší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
d) Ve výšce, kam sestoupí voda v kapiláře, je vyšší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s klesající výškou roste.

12) Čtyři stejné nádoby jsou při teplotě 20 °C naplněny těsně pod okraj kyselinou dusičnou, petrolejem, kyselinou sírovou a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu. Ze které nádoby vyteče nejvíce příslušné kapaliny?

a) z nádoby s kyselinou dusičnou
b) z nádoby s petrolejem
c) z nádoby s kyselinou sírovou
d) z nádoby s vodou

11.1.3 Zadání testu – Varianta B

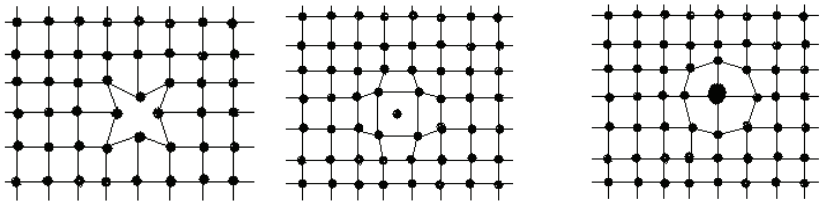
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin
Varianta B

1) Rozhodněte, které tvrzení o pevných látkách <u>není</u> správné.

a) Vzhledem k nepravidelnému uspořádání jednotlivých krystalků v polykrystalu jsou polykrystaly většinou izotropní (mají stejné fyzikální vlastnosti ve všech směrech).
b) V polykrystalu jsou jednotlivé krystalky pravidelně uspořádány.
c) V amorfních látkách jsou částice na krátké vzdálenosti přibližně pravidelně uspořádány.
d) Většina monokrystalů je anizotropních (mají různé fyzikální vlastnosti v různých směrech).

2) Na obrázcích jsou znázorněny tři typy bodových poruch krystalové mřížky.

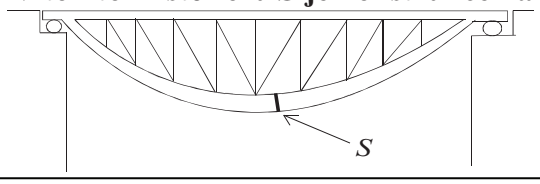
Obr. 1: Obr. 2: Obr. 3:



Na kterém obrázku je znázorněna vakance, na kterém příměs a na kterém intersticiální poloha částice?

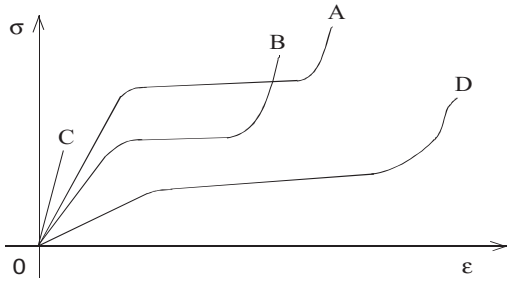
a) Obr. 1: intersticiální poloha částice, Obr. 2: vakance, Obr. 3: příměs
b) Obr. 1: vakance, Obr. 2: intersticiální poloha částice, Obr. 3: příměs
c) Obr. 1: intersticiální poloha částice, Obr. 2: příměs, Obr. 3: vakance
d) Obr. 1: vakance, Obr. 2: příměs, Obr. 3: intersticiální poloha částice

3) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.
V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:



a) ohybem
b) smykem
c) tlakem
d) tahem

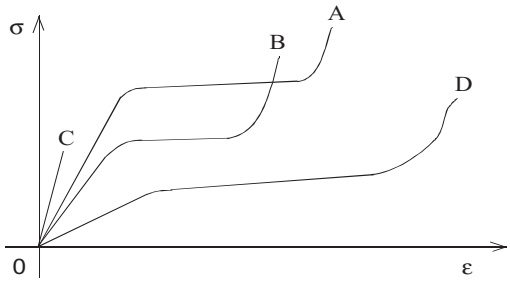
4) Na obrázku je křivka deformace tahem pro dráty ze čtyř různých materiálů A, B, C, D. Všechny čtyři dráty mají stejný obsah příčného řezu. Na zavěšené dráty byla věšena závaží, jejichž hmotnost se postupně zvyšovala, tj. v každém okamžiku byly všechny dráty zatíženy závažím stejné hmotnosti.



Který drát je vyroben z materiálu s nejvyšší mezí pružnosti v tahu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) drát D

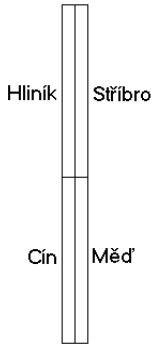
5) Na obrázku je křivka deformace tahem pro dráty ze čtyř různých materiálů A, B, C, D. Všechny čtyři dráty mají stejný obsah příčného řezu. Na zavěšené dráty byla věšena závaží, jejichž hmotnost se postupně zvyšovala, tj. v každém okamžiku byly všechny dráty zatíženy závažím stejné hmotnosti.



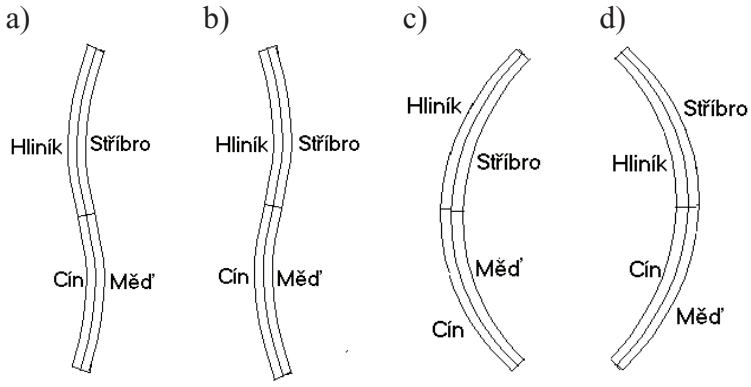
Který drát je vyroben z nejkřehčího materiálu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) drát D

6) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – hliníku, stříbra, cínu a mědi (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?



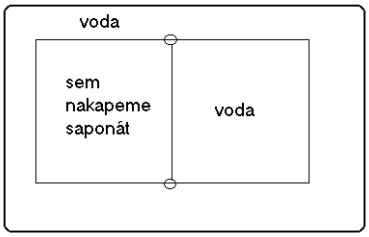
7) Při určité teplotě naměříme délkovým měřidlem jistou délku tyče. Jakou hodnotu délky tyče naměříme, pokud měřidlo i tyč zahřejeme na vyšší teplotu?

a) Záleží na materiálu měřidla a tyče.
b) V každém případě naměříme menší hodnotu, protože zahřátím se roztáhne stupnice měřidla.
c) V každém případě naměříme větší hodnotu, protože zahřátím se zvětší délka tyče.
d) Naměříme vždy stejnou hodnotu, zvětšuje se sice délka tyče, ale zároveň se roztahuje i měřidlo.

8) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o povrchové vrstvě kapaliny <u>není</u> správné.

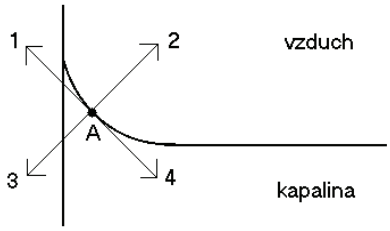
a) Při posunutí molekuly z vnitřku kapaliny do její povrchové vrstvy je třeba vykonat práci.
b) Výslednice přitažlivých sil, jimiž působí sousední molekuly na molekulu v povrchové vrstvě, má směr dovnitř kapaliny.
c) Molekuly v povrchové vrstvě mají větší potenciální energii než molekuly uvnitř kapaliny.
d) Molekuly v povrchové vrstvě mají větší kinetickou energii než molekuly uvnitř kapaliny.

9) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do levé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN . m^{-1}, povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
b) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
c) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

10) Na obrázku je svislý řez kapalinou, která smáčí stěny nádoby, ve které je nalita. Jaký směr má výslednice přitažlivých sil působících na molekulu A kapaliny od ostatních molekul kapaliny?



a) směr 1
b) směr 2
c) směr 3
d) směr 4

11) Čím je způsoben vzestup hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární elevaci?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu S, proto na ni působí velice malá tlaková síla vzduchu $F = pS$, vystoupí tedy výše než je hladina kapaliny v širší části nádoby.
b) Kapalina v kapiláře má dutý povrch, pod kterým je vnitřní tlak nižší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
c) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu S, působí na ni tedy velká tlaková síla vzduchu $F = pS$, proto vytlačuje kapalinu v kapiláře vzhůru.
d) Ve výšce, kam vystoupí voda v kapiláře, je nižší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s rostoucí výškou klesá.

12) Čtyři stejné nádoby jsou při teplotě 20 °C naplněny těsně pod okraj kyselinou dusičnou, petrolejem, kyselinou sírovou a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu. Ze které nádoby vyteče nejméně příslušné kapaliny?

a) z nádoby s kyselinou dusičnou
b) z nádoby s petrolejem
c) z nádoby s kyselinou sírovou
d) z nádoby s vodou

11.1.4 Záznamový list odpovědí

Záznamový list odpovědí
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

11.2 Statistické zpracování výsledků testu „Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin“

Statistické zpracování uvedené v této kapitole bylo provedeno pomocí programu Statistica [36].

11.2.1 Četnosti dosažených hrubých skórů

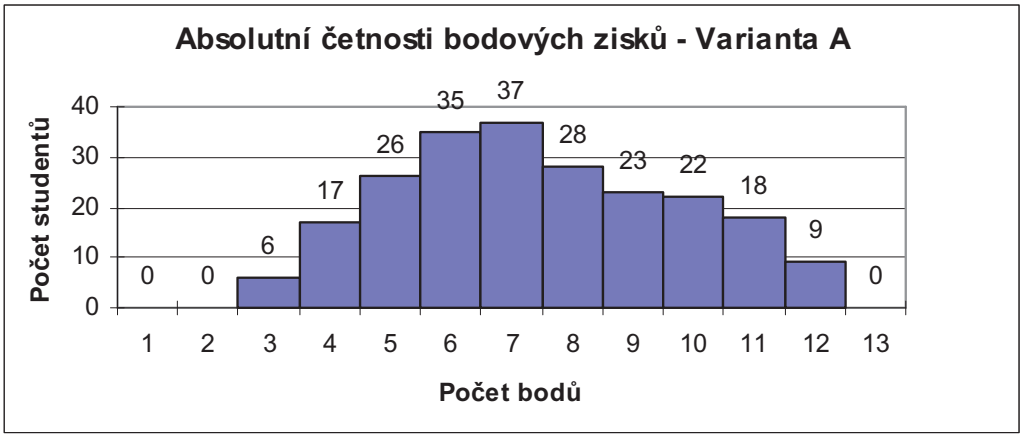
Tabulka 11.3 uvádí absolutní četnosti, kumulativní absolutní četnosti, relativní četnosti a kumulativní relativní četnosti dosaženého hrubého skóru.

Tabulka 11.3: Četnosti dosaženého hrubého skóru

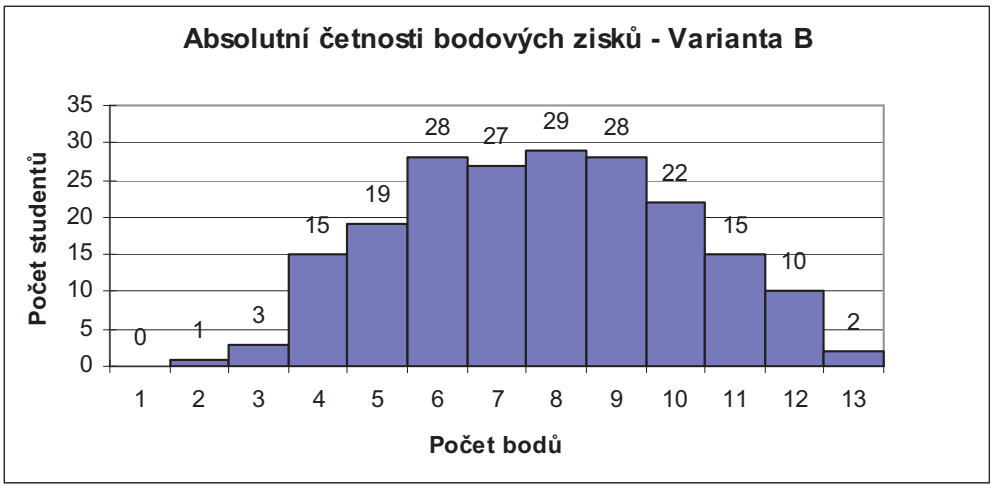
	Varianta A				Varianta B			
Hrubý skór	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1	0	0	0,00	0,00	1	1	0,50	0,50
2	6	6	2,71	2,71	3	4	1,51	2,01
3	17	23	7,69	10,41	15	19	7,54	9,55
4	26	49	11,76	22,17	19	38	9,55	19,10
5	35	84	15,84	38,01	28	66	14,07	33,17
6	37	121	16,74	54,75	27	93	13,57	46,73
7	28	149	12,67	67,42	29	122	14,57	61,31
8	23	172	10,41	77,83	28	150	14,07	75,38
9	22	194	9,95	87,78	22	172	11,06	86,43
10	18	212	8,14	95,93	15	187	7,54	93,97
11	9	221	4,07	100,00	10	197	5,03	98,99
12	0	221	0,00	100,00	2	199	1,01	100,00
Celkem	221		100,00		199		100,00	

Pro lepší názornost jsou uvedeny grafy rozdělení absolutních četností bodových zisků (hrubého skóru).

Graf 11.1: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta A



Graf 11.2: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta B



Tabulka 11.4: Test normality rozložení *HS* ve Variantě A

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-2	6	9,57	-3,57	1,33
3	17	12,82	4,18	1,36
4	26	21,97	4,03	0,74
5	35	31,33	3,67	0,43
6	37	37,17	-0,17	0,00
7	28	36,69	-8,69	2,06
8	23	30,14	-7,14	1,69
9	22	20,60	1,40	0,10
10	18	11,71	6,29	3,37
11-12	9	5,54	3,46	2,16
Suma	221			13,24

Normalita dat byla ověřována χ^2 testem. Výsledky získané pomocí programu Statistica jsou uvedeny v tabulkách 11.4 (Varianta A) a 11.5 (Varianta B).

Body jsou rozděleny do 10 tříd, počet stupňů volnosti je tedy roven 7 (viz část 5.1.2). Z [13] kritická hodnota χ^2 rozdělení pro 7 stupňů volnosti je 14,07 pro hladinu významnosti 5 %. Protože 13,24 < 14,07, data neodporují normálnímu rozdělení.

Tabulka 11.5: Test normality rozložení HS ve Variantě B

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-2	4	7,12	-3,12	1,37
3	15	9,79	5,21	2,77
4	19	17,29	1,71	0,17
5	28	25,61	2,39	0,22
6	27	31,80	-4,80	0,72
7	29	33,11	-4,11	0,51
8	28	28,90	-0,90	0,03
9	22	21,15	0,85	0,03
10	15	12,98	2,02	0,31
11-12	12	9,56	2,44	0,62
Suma	199			6,76

Stejně jako ve Variantě A jsou body rozděleny do 10 tříd, uvažujeme tedy 7 stupňů volnosti χ^2 rozdělení. Protože 6,76 < 14,07, data neodporují normálnímu rozdělení.

11.2.2 Percentilová pořadí

V tabulce 11.6 jsou vypočtena percentilová pořadí podle vztahu (22) pro obě varianty testu.

Tabulka 11.6: Percentilová pořadí

Hrubý skór	Percentilové pořadí	
	Varianta A	Varianta B
0	0,00	0,00
1	0,00	0,25
2	1,36	1,26
3	6,56	5,78
4	16,29	14,32
5	30,09	26,13
6	46,38	39,95
7	61,09	54,02
8	72,62	68,34
9	82,81	80,90
10	91,86	90,20
11	97,96	96,48
12	100,00	99,50

11.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky

Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu jsou uvedeny v tabulce 11.7.

Tabulka 11.7: Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu

	Počet studentů	Aritmet. průměr *HS*	95 % interval spolehlivosti pro aritm. průměr		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Variační šíře	Rozptyl	Směrod. odchylka
Varianta A	221	6,430	6,123	6,737	6	5	8	9	5,355	2,314
Varianta B	199	6,729	6,398	7,059	7	5	8	11	5,593	2,365

11.2.4 Stanovení reliability testu

Ke stanovení reliability testu bylo použito Cronbachova alfa dle vztahu (20).

Varianta A: $\alpha = \mathbf{0{,}550}$

Varianta B: $\alpha = \mathbf{0{,}586}$

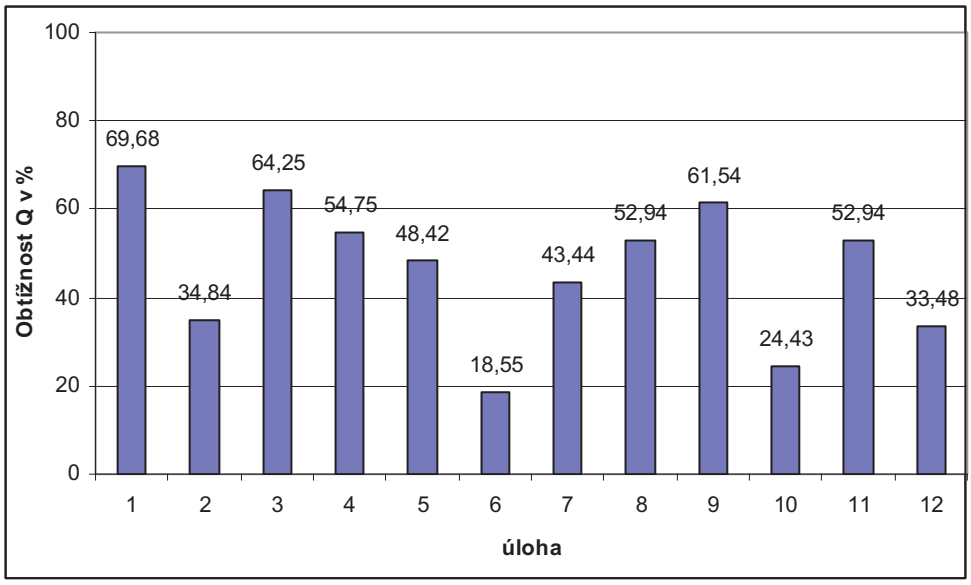
11.2.5 Položková analýza - statistické charakteristiky úloh

V této kapitole je proveden rozbor jednotlivých úloh testu. Tabulky 11.8 a 11.9 uvádějí některé charakteristiky všech úloh a zhodnocení příspěvku každé z nich k celkovému výsledku testu. Význam jednotlivých sloupců v tabulkách je vysvětlen u analogické tabulky v části 9.2.5. Pro lepší přehlednost jsou uvedeny grafy obtížnosti (grafy 11.3 a 11.5) a neřešenosti (grafy 11.4 a 11.6) jednotlivých úloh.

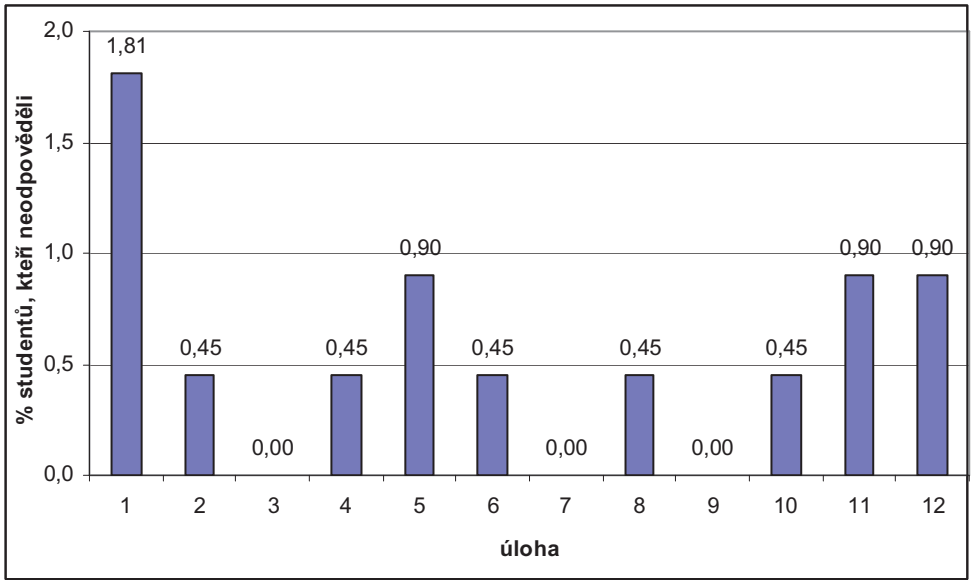
Tabulka 11.8: Statistické charakteristiky úloh – Varianta A

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	69,68	1,81	0,33	6,104	5,007	2,238	0,115	0,552
2	34,84	0,45	0,41	5,756	4,918	2,218	0,146	0,546
3	64,25	0,00	0,20	6,050	5,106	2,260	0,055	0,567
4	54,75	0,45	0,43	5,955	4,831	2,198	0,172	0,541
5	48,42	0,91	0,46	5,891	4,830	2,198	0,170	0,541
6	18,55	0,45	0,30	5,593	4,866	2,206	0,255	0,523
7	43,44	0,00	0,54	5,842	4,595	2,144	0,289	0,511
8	52,94	0,45	0,73	5,937	4,286	2,070	0,445	0,470
9	61,54	0,00	0,51	6,023	4,547	2,132	0,323	0,503
10	24,43	0,45	0,34	5,652	4,897	2,213	0,196	0,534
11	52,94	0,91	0,57	5,937	4,593	2,143	0,286	0,512
12	33,48	0,91	0,41	5,742	4,771	2,184	0,223	0,528

Graf 11.3: Obtížnost úloh – Varianta A



Graf 11.4: Neřešenost úloh – Varianta A

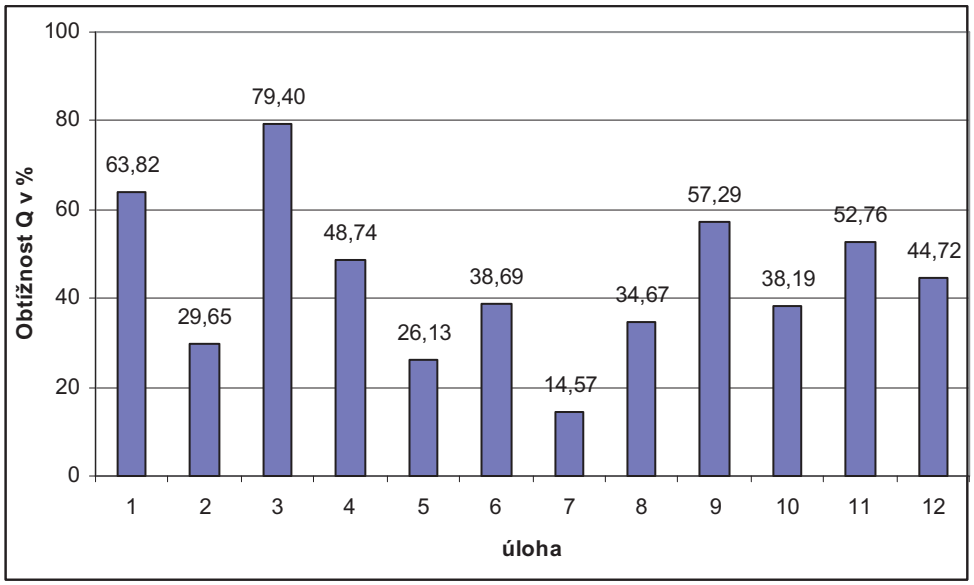


Obtížnosti úloh ve Variantě A jsou mezi 18 % a 70 %. Neřešenost pouze úlohy 1 dosahuje téměř 2 %, ostatní úlohy vynechalo méně než 1 % studentů, úlohy 3, 7 a 9 dokonce nevynechal nikdo z testovaných. Úlohy 1a 3 mírně snižují reliabilitu testu, úloha 3 velice slabě koreluje s celkovým hrubým skórem.

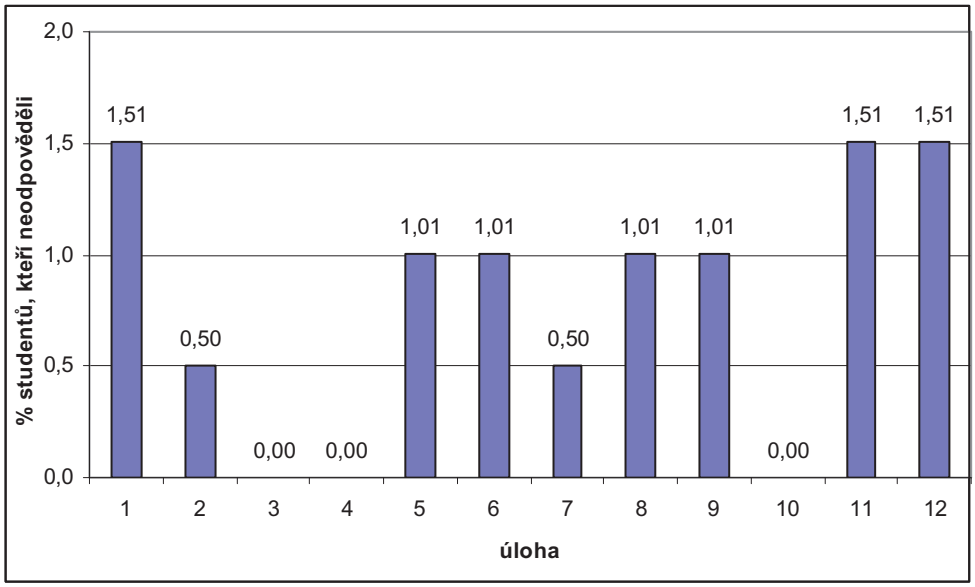
Tabulka 11.9: Statistické charakteristiky úloh – Varianta B

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	63,82	1,51	0,24	6,352	5,233	2,288	0,081	0,600
2	29,65	0,50	0,46	6,010	4,914	2,217	0,256	0,562
3	79,40	0,00	0,20	6,508	5,245	2,290	0,126	0,587
4	48,74	0,00	0,68	6,201	4,522	2,127	0,409	0,526
5	26,13	1,01	0,35	5,975	5,060	2,249	0,197	0,574
6	38,69	1,01	0,53	6,101	4,663	2,159	0,352	0,540
7	14,57	0,50	0,30	5,859	5,136	2,266	0,238	0,567
8	34,67	1,01	0,56	6,060	4,710	2,170	0,341	0,543
9	57,29	1,01	0,61	6,286	4,657	2,158	0,347	0,541
10	38,19	0,00	0,46	6,095	4,971	2,230	0,201	0,574
11	52,76	1,51	0,42	6,241	4,977	2,231	0,186	0,578
12	44,72	1,51	0,49	6,161	4,939	2,222	0,206	0,573

Graf 11.5: Obtížnost úloh – Varianta B



Graf 11.6: Neřešenost úloh – Varianta B



Ve Variantě B byla nejsnadnější úlohou položka 7 s obtížností Q = 14,6 % a nejobtížnější úlohou položka 3 s obtížností Q = 79,4 %. Počet vynechaných odpovědí byl velmi malý, největší u úloh 1, 11 a 12 (1,51 %), úlohy 3, 4 a 10 řešili všichni testovaní. Stejně jako ve Variantě A položky 1 a 3 mírně snižují reliabilitu testu.

12 Didaktický test Změny skupenství

12.1 Popis, zadání a řešení testu

Test ověřuje vědomosti a dovednosti studentů gymnázií v oblasti základních poznatků z molekulové fyziky a učiva o vnitřní energii, práci a teple. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika – kapitola „Změny skupenství látek“, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia [32] a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce [19]. Testové úlohy nejsou početní.

Test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Každá varianta obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Úlohy v obou variantách jsou analogické (ne však stejné). Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí.

Z hlediska klasifikace testů (viz podkapitola 1.1) patří test mezi kognitivní monotematické výstupní ověřující objektivně skórovatelné testy. Struktura testu byla vytvořena pomocí specifikační tabulky (viz část 12.1.1).

Správné řešení obou variant testu je uvedeno v tabulce 12.1.

Tabulka 12.1: Řešení testu „Změny skupenství“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	d	b	a	d	a	a	c	b	c	c	d	b
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	a	c	d	c	d	b	a	a	d	a	b	c

12.1.1 Specifikační tabulka

Hodinová dotace fyziky: 2 hodiny týdně, tj. 66 hodin za rok

Hodinová dotace kapitoly Změny skupenství: 7 hodin

Počet úloh v testu: 12

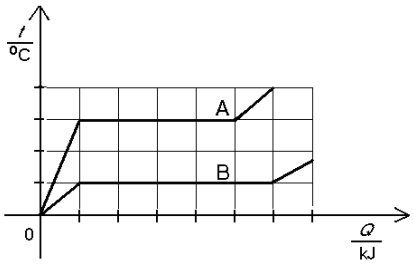
Tabulka 12.2: Specifikační tabulka testu

Obsah	Počet hodin		Počet úloh		Úroveň osvojení			
					A	B	C	D
Tání a tuhnutí	2	29 %	3	25 %	-	2	1	-
Sublimace a desublimace	1	14 %	2	17 %	-	-	1	1
Vypařování a kapalnění	1	14 %	2	17 %	-	1	-	1
Sytá pára	1	14 %	2	17 %	-	2	-	-
Fázový diagram	1	14 %	2	17 %	-	2	-	-
Vodní pára v atmosféře	1	14 %	1	8 %	-	-	1	-
Celkem	7	100 %	12	100 %	-	7	3	2

12.1.2 Zadání testu – varianta A

Změny skupenství
Varianta A

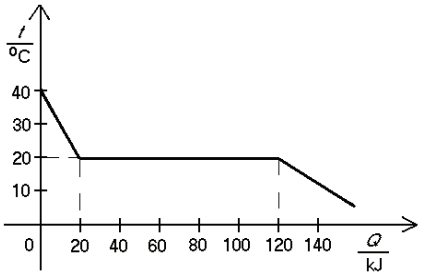
1) Na obrázku je graf znázorňující přechod dvou těles A a B z pevného do kapalného skupenství (*t* je teplota tělesa, *Q* je teplo dodávané tělesu).
Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení.



a) Skupenské teplo tání tělesa B je větší než skupenské teplo tání tělesa A.
b) Teplota tání tělesa A je vyšší než teplota tání tělesa B.
c) K ohřátí tělesa A na teplotu tání je třeba stejná energie jako k ohřátí tělesa B na teplotu tání.
d) K roztavení tělesa A je třeba stejná energie jako k roztavení tělesa B.

2) Těleso kapalného skupenství o teplotě tuhnutí ztuhlo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?
a) Vzrostla.
b) Klesla.
c) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
d) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.

3) Na obrázku je graf závislosti teploty tělesa o hmotnosti 0,5 kg na odebíraném teple. Na počátku děje bylo těleso v kapalném skupenství.



Jaké je měrné skupenské teplo tuhnutí této kapaliny?
a) 200 kJ · kg^{-1}
b) 120 kJ · kg^{-1}
c) 100 kJ · kg^{-1}
d) 20 kJ · kg^{-1}

4) Projevem které skupenské změny je tvorba jinovatky?
a) kondenzace b) sublimace c) tuhnutí d) desublimace

5) Může v zimě ubývat sněhu, i když je po celý den teplota vzduchu o mnoho nižší než 0 °C?
a) Ano, sníh sice nemůže tát, ale sublimuje.
b) Ne, sněhu ubývá pouze když je jeho teplota vyšší než 0 °C.
c) Ano, ale pouze když svítí slunce, které dokáže zahřát vrchní vrstvu sněhu na teplotu tání.
d) Ne, při takovéto teplotě tát nemůže a k sublimaci sněhu nedochází.

6) K vypařování kapaliny dochází:

a) za každé teploty
b) pouze pokud teplota kapaliny dosáhne kritické hodnoty
c) pouze pokud je teplota kapaliny vyšší než je teplota okolního prostředí
d) pouze pokud je teplota kapaliny vyšší než 0 °C.

7) Jakým způsobem lze dosáhnout varu kapaliny?

a) zvýšením tlaku při libovolné konstantní teplotě
b) zvýšením teploty při libovolném konstantním tlaku
c) zvýšením teploty při konstantním tlaku, který je nižší než kritický
d) zvýšením tlaku při konstantní teplotě, která je nižší než kritická

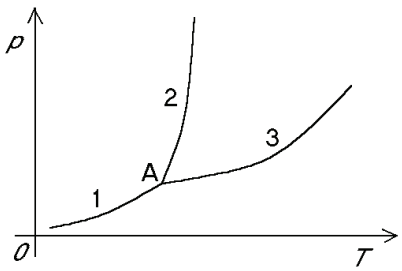
8) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Snížíme teplotu této soustavy. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část páry zkondenzuje a výsledná pára přestane být sytá.
b) Klesne tlak syté páry.
c) Klesne teplota páry a pára přestane být sytá.
d) Protože se jedná o sytou páru, při snížení teploty veškerá pára zkondenzuje.

9) Teplotu varu kapaliny při daném vnějším tlaku nad kapalinou lze zjistit:

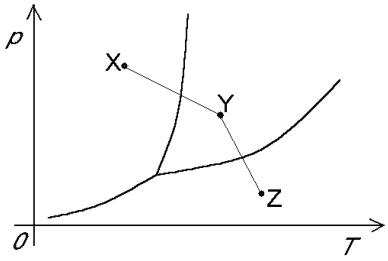
a) ze sublimační křivky
b) z křivky tání
c) z křivky syté páry
d) ani z jedné z výše uvedených křivek

10) Na obrázku je fázový diagram jisté látky. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto grafu.



a) Křivka 3 znázorňuje závislost teploty varu kapalného skupenství této látky na tlaku.
b) Křivka 2 znázorňuje stavy, ve kterých existuje kapalné a pevné skupenství této látky v rovnováze.
c) Křivka 1 znázorňuje stavy, ve kterých existuje kapalné a plynné skupenství této látky v rovnováze.
d) Bod A znázorňuje stav, ve kterém existuje pevné, kapalné i plynné skupenství této látky v rovnováze.

11) Ve fázovém diagramu je znázorněna cesta XYZ. Přechod látky ze stavu X do stavu Z po cestě XYZ vypovídá o tom, že látka byla postupně:



a) pevnou látkou, její sytou párou, kapalinou
b) plynem, kapalinou, pevnou látkou
c) pevnou látkou, plynem, kapalinou
d) pevnou látkou, kapalinou, přehřátou párou

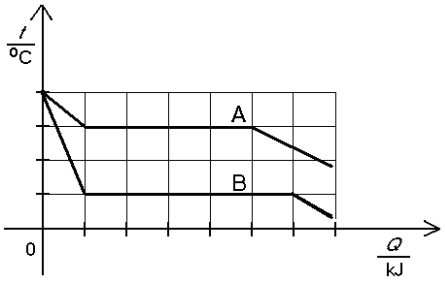
12) V jakém stavu se nachází vodní pára ve vzduchu určité teploty, pokud vlhkost vzduchu dosahuje při této teplotě maximální hodnoty?

a) je přehřátá
b) je sytá
c) má kritický tlak
d) má kritickou teplotu

12.1.3 Zadání testu – varianta B

Změny skupenství
Varianta B

1) Na obrázku je graf znázorňující přechod dvou těles A a B z kapalného do pevného skupenství (*t* je teplota tělesa, *Q* je teplo odebírané tělesu). Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení.

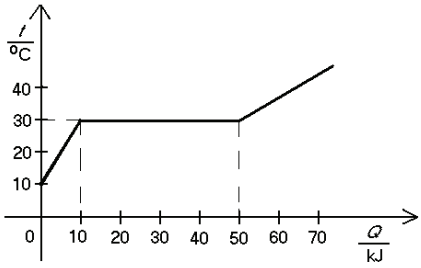


a) Ke ztuhnutí tělesa A je třeba odebrat stejnou energii jako ke ztuhnutí tělesa B.
b) Teplota tuhnutí tělesa A je vyšší než teplota tuhnutí tělesa B.
c) K ochlazení tělesa A na teplotu tuhnutí je třeba odebrat stejné teplo jako k ochlazení tělesa B na teplotu tuhnutí.
d) Skupenské teplo tuhnutí tělesa A je menší než skupenské teplo tuhnutí tělesa B.

2) Těleso pevného skupenství o teplotě tání roztálo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.
b) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
c) Vzrostla.
d) Klesla.

3) Na obrázku je graf závislosti teploty tělesa o hmotnosti 0,5 kg na dodávaném teple. Na počátku děje bylo těleso v pevném skupenství. Jaké je měrné skupenské teplo tání látky, ze které je těleso vyrobeno?



a) 10 kJ · kg^{-1}
b) 40 kJ · kg^{-1}
c) 50 kJ · kg^{-1}
d) 80 kJ · kg^{-1}

4) Projevem které skupenské změny je skutečnost, že sněhu ubývá i za velmi mrazivého počasí?

a) kondenzace b) vypařování c) sublimace d) desublimace

5) Je nebo není možné a proč, aby venku uschlo vyprané prádlo, pokud je teplota vzduchu nižší než 0 °C?

a) Není to možné. Aby prádlo uschlo, voda se musí vypařit, a to není možné, protože zmrzne.
b) Je to možné, ale pouze pokud je dobře vyždímané, a tedy je v něm málo vody – ta se stačí vypařit dříve, než by mohla zmrznout.
c) Není to možné. Voda zmrzne v led a led nesublimuje.
d) Je to možné. Voda obsažená v prádle sice zmrzne, ale vzniklý led sublimuje.

6) Na kterém z následujících parametrů <u>nezávisí</u> rychlost vypařování kapaliny?

a) na teplotě kapaliny
b) na hmotnosti kapaliny
c) na množství vzniklých par nad kapalinou
d) na obsahu povrchu kapaliny

7) Jakým způsobem lze dosáhnout zkapalnění páry?

a) snížením teploty při konstantním tlaku, který je nižší než kritický a vyšší než tlak v trojném bodě
b) snížením teploty při libovolném konstantním tlaku
c) zvýšením tlaku při libovolné konstantní teplotě
d) zvýšením tlaku při konstantní teplotě, která je vyšší než kritická nebo nižší než teplota v trojném bodě

---

8) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Izotermicky zvětšíme objem nádoby. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část kapaliny se vypaří a pára nad kapalinou zůstane sytá.
b) Pára zvětší svůj objem a přestane být sytou.
c) Pára se ochladí a část jí zkondenzuje.
d) Sníží se tlak v kapalině i tlak syté páry.

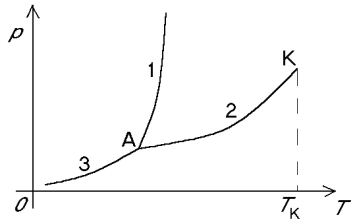
---

9) Z křivky syté páry v *p-T* diagramu lze zjistit několik údajů. Který z následujících údajů z křivky syté páry zjistit <u>nelze</u>?

a) teplotu varu kapaliny při určitém vnějším tlaku
b) tlak syté páry při určité teplotě
c) teplotu a tlak, při kterém existuje kapalina a její pára v rovnováze
d) teplo potřebné k přeměně daného množství kapaliny v sytou páru

---

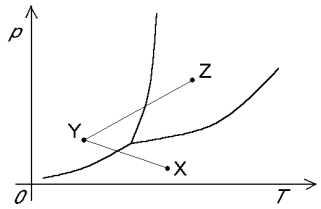
10) Na obrázku je fázový diagram jisté látky. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto diagramu.



a) Křivka 1 znázorňuje stavy, ve kterých existuje pevné a plynné skupenství této látky v rovnováze.
b) Křivka 2 znázorňuje závislost teploty varu kapalného skupenství této látky na tlaku nad kapalinou.
c) Při teplotě vyšší než je teplota T_K neexistuje tato látka v kapalném skupenství.
d) Bod A znázorňuje stav, ve kterém existuje pevné, kapalné i plynné skupenství této látky v rovnováze.

---

11) Ve fázovém diagramu je znázorněna cesta XYZ. Přechod látky ze stavu X do stavu Z po cestě XYZ vypovídá o tom, že látka byla postupně:



a) pevnou látkou, její sytou párou, kapalinou
b) přehřátou párou, pevnou látkou, kapalinou
c) pevnou látkou, přehřátou párou, kapalinou
d) kapalinou, její sytou párou, plynem

---

12) Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o absolutní vlhkosti vzduchu.

a) Absolutní vlhkost vzduchu je tím větší, čím větší hmotnost vodní páry je v tomto vzduchu obsažena.

b) Absolutní vlhkost vzduchu je největší, pokud teplota vzduchu dosáhne teploty rosného bodu.

c) Absolutní vlhkost vzduchu je tím větší, čím je stav vodní páry blíže jejímu kritickému stavu.

d) Absolutní vlhkost vzduchu je největší, pokud se vodní pára ve vzduchu obsažená stane sytou.

12.1.4 Záznamový list odpovědí

Záznamový list odpovědí
Změny skupenství

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

12.2 Statistické zpracování výsledků testu „Změny skupenství“

Statistické zpracování uvedené v této kapitole bylo provedeno pomocí programu Statistica [36].

12.2.1 Četnosti dosažených hrubých skórů

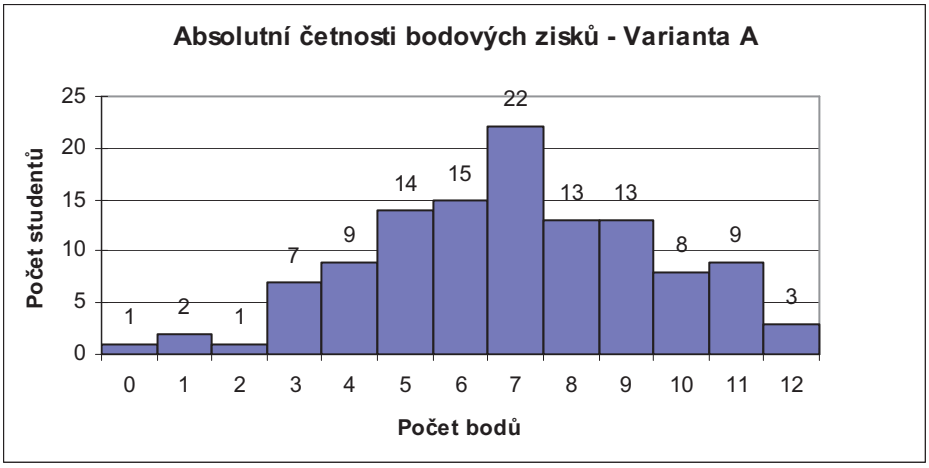
Tabulka 12.3 uvádí absolutní četnosti, kumulativní absolutní četnosti, relativní četnosti a kumulativní relativní četnosti dosaženého hrubého skóru.

Tabulka 12.3: Četnosti dosaženého hrubého skóru

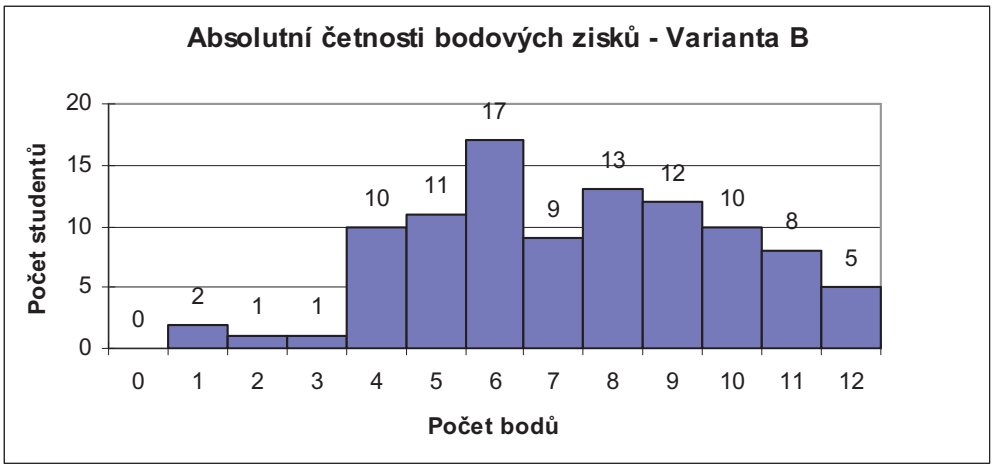
	Varianta A				Varianta B			
Hrubý skór	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
0	1	1	0,85	0,85	0	0	0,00	0,00
1	2	3	1,71	2,56	2	2	2,02	2,02
2	1	4	0,85	3,42	1	3	1,01	3,03
3	7	11	5,98	9,40	1	4	1,01	4,04
4	9	20	7,69	17,09	10	14	10,10	14,14
5	14	34	11,97	29,06	11	25	11,11	25,25
6	15	49	12,82	41,88	17	42	17,17	42,42
7	22	71	18,80	60,68	9	51	9,09	51,52
8	13	84	11,11	71,79	13	64	13,13	64,65
9	13	97	11,11	82,91	12	76	12,12	76,77
10	8	105	6,84	89,74	10	86	10,10	86,87
11	9	114	7,69	97,44	8	94	8,08	94,95
12	3	117	2,56	100,00	5	99	5,05	100,00
Celkem	117		100,00		99		100,00	

Pro lepší názornost jsou uvedeny grafy rozdělení absolutních četností bodových zisků (hrubého skóru).

Graf 12.1: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta A



Graf 12.2: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta B



Tabulka 12.4: Test normality rozložení *HS* ve Variantě A

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-3	11	10,41	0,59	0,03
4	9	9,49	-0,49	0,03
5	14	13,66	0,34	0,01
6	15	16,92	-1,92	0,22
7	22	18,05	3,95	0,86
8	13	16,58	-3,58	0,77
9	13	13,11	-0,11	0,00
10	8	8,93	-0,93	0,10
11-12	12	7,88	4,13	2,16
Suma	117			4,18

Normalita dat byla ověřována χ^2 testem. Výsledky získané pomocí programu Statistica jsou uvedeny v tabulkách 12.4 (Varianta A) a 12.5 (Varianta B).

Body jsou rozděleny do 9 tříd, počet stupňů volnosti je tedy 6. Z [13] kritická hodnota χ^2 rozdělení pro 6 stupňů volnosti je 12,59 pro hladinu významnosti 5 %. Protože 4,18 < 12,59, normalitu dat nezamítáme.

Tabulka 12.5: Test normality rozložení *HS* ve Variantě B

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O - E	(O-E)**2/E
0-4	14	13,34	0,66	0,03
5	11	10,12	0,88	0,08
6	17	13,28	3,72	1,04
7	9	15,04	-6,04	2,42
8	13	14,69	-1,69	0,19
9	12	12,39	-0,39	0,01
10	10	9,01	0,99	0,11
11	8	5,66	2,34	0,97
12	5	3,07	1,93	1,22
Suma	99			6,08

V tomto případě jsou body rozděleny též do 9 tříd a hodnota statistiky χ^2 je rovna 6,08, což je menší nota než kritická. Proto hypotézu o normálním rozdělení též nezamítáme na hladině významnosti 5 %.

12.2.2 Percentilová pořadí

V Tabulce 12.6 jsou vypočtena percentilová pořadí podle vztahu (22) pro obě varianty testu.

Tabulka 12.6: Percentilová pořadí

Hrubý skór	Percentilové pořadí	
	Varianta A	Varianta B
0	0,43	0,00
1	1,71	1,01
2	2,99	2,53
3	6,41	3,54
4	13,25	9,09
5	23,08	19,70
6	35,47	33,84
7	51,28	46,97
8	66,24	58,08
9	77,35	70,71
10	86,32	81,82
11	93,59	90,91
12	98,72	97,47

12.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky

Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu jsou uvedeny v tabulce 12.7.

Tabulka 12.7: Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu

	Počet studentů	Aritmet. průměr *HS*	95 % interval spolehlivosti pro aritm. průměr		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Variační šíře	Rozptyl	Směrod. odchylka
Varianta A	117	6,932	6,461	7,402	7	5	9	12	6,599	2,569
Varianta B	99	7,343	6,827	7,860	7	5	9	11	6,697	2,588

12.2.4 Stanovení reliability testu

Ke stanovení reliability testu bylo použito Cronbachova alfa dle vztahu (20).

Varianta A: $\alpha = \mathbf{0,654}$

Varianta B: $\alpha = \mathbf{0,661}$

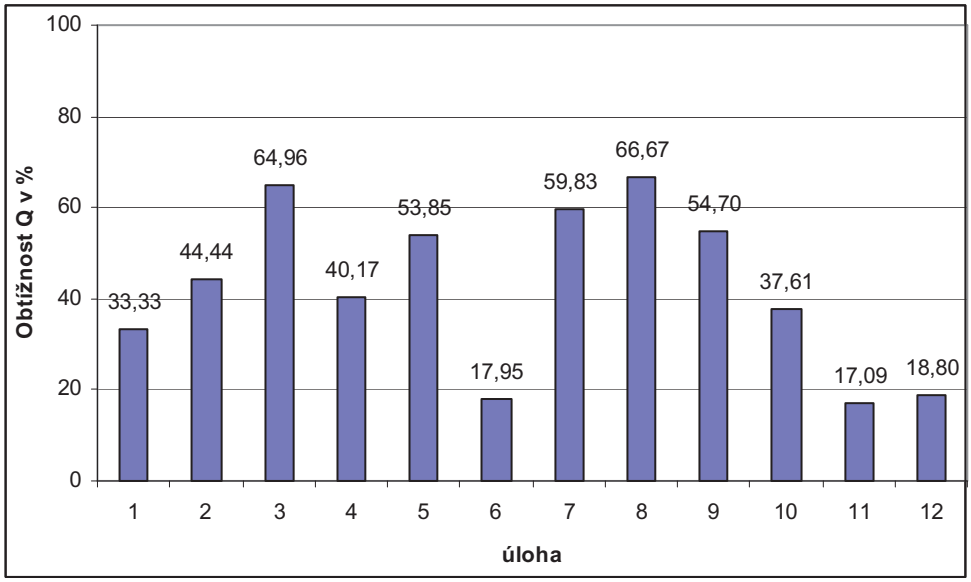
12.2.5 Položková analýza - statistické charakteristiky úloh

V této kapitole je proveden rozbor jednotlivých úloh testu. Tabulky 12.8 a 12.9 uvádějí některé charakteristiky všech úloh a zhodnocení příspěvku každé z nich k celkovému výsledku testu. Význam jednotlivých sloupců v tabulkách je vysvětlen u analogické tabulky v části 9.2.5. Pro lepší přehlednost jsou uvedeny grafy obtížnosti (grafy 12.3 a 12.5) a neřešenosti (grafy 12.4 a 12.6) jednotlivých úloh.

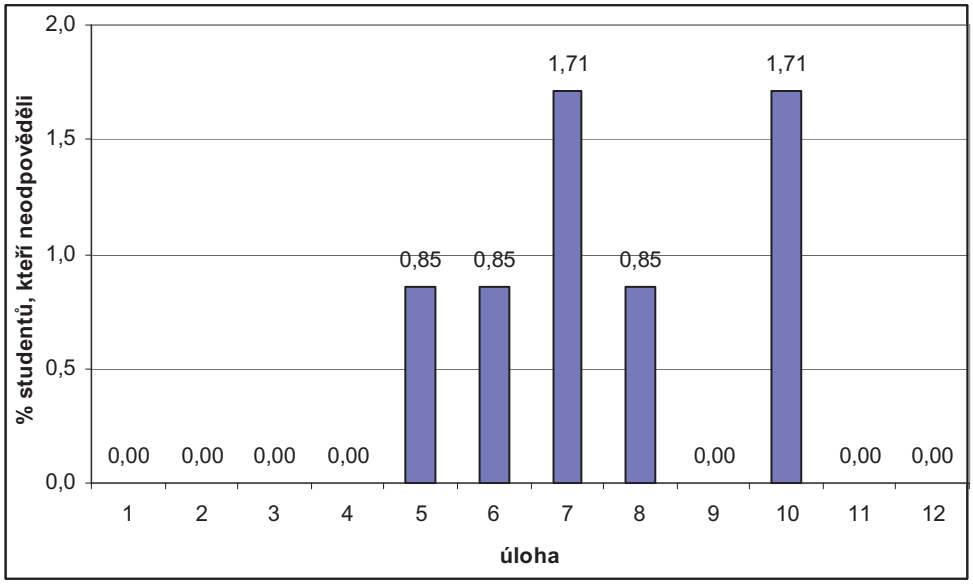
Tabulka 12.8: Statistické charakteristiky úloh – Varianta A

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	33,33	0,00	0,26	6,239	5,857	2,420	0,152	0,659
2	44,44	0,00	0,44	6,350	5,766	2,401	0,174	0,656
3	64,96	0,00	0,56	6,556	5,324	2,307	0,398	0,616
4	40,17	0,00	0,62	6,308	5,444	2,333	0,325	0,629
5	53,85	0,86	0,49	6,444	5,632	2,373	0,231	0,646
6	17,95	0,86	0,33	6,085	5,805	2,409	0,257	0,640
7	59,83	1,71	0,41	6,504	5,583	2,363	0,260	0,641
8	66,67	0,86	0,62	6,573	5,219	2,285	0,458	0,605
9	54,70	0,00	0,51	6,453	5,547	2,355	0,270	0,639
10	37,61	1,71	0,51	6,282	5,450	2,335	0,328	0,628
11	17,09	0,00	0,44	6,077	5,473	2,339	0,461	0,611
12	18,80	0,00	0,36	6,094	5,743	2,397	0,284	0,637

Graf 12.3: Obtížnost úloh – Varianta A



Graf 12.4: Neřešenost úloh – Varianta A

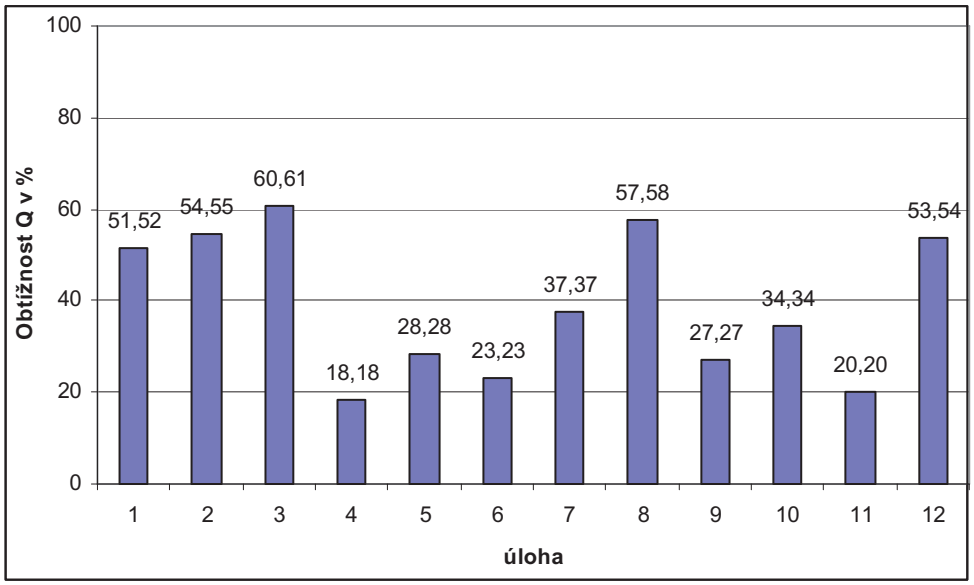


Jak je vidět z výše uvedené tabulky a grafů, test nebyl pro studenty příliš složitý, nejobtížnější úloha má hodnotu obtížnosti Q = 67 %. Sedm úloh řešili všichni studenti, u zbylých pěti úloh byl počet vynechaných odpovědí menší než 2 %. První dvě úlohy, které nejméně korelují s celkovým hrubým skóre, mírně snižují reliabilitu testu.

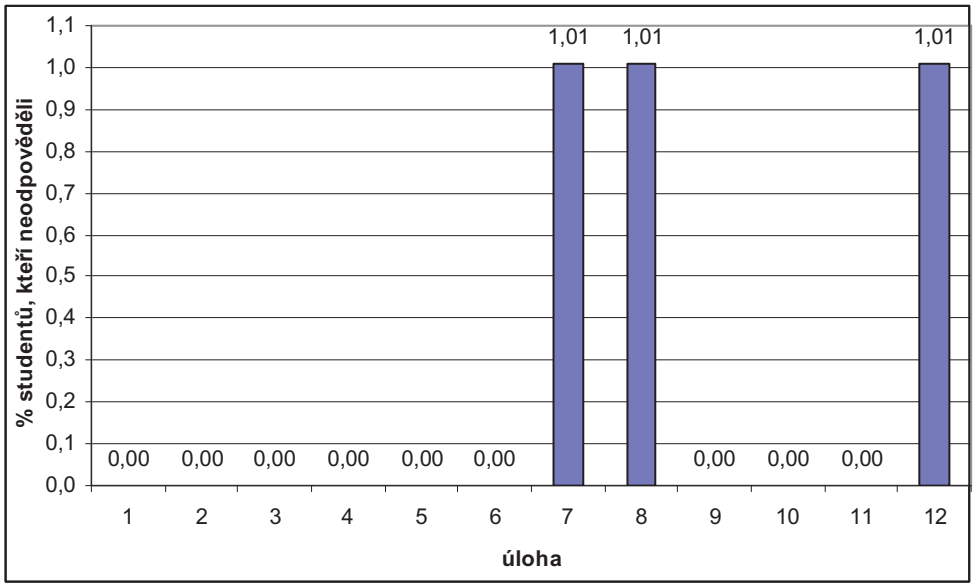
Tabulka 12.9: Statistické charakteristiky úloh – Varianta B

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka - *HS*	*α*
1	51,52	0,00	0,52	6,848	5,624	2,371	0,284	0,644
2	54,55	0,00	0,67	6,879	5,399	2,324	0,388	0,625
3	60,61	0,00	0,55	6,939	5,511	2,348	0,347	0,633
4	18,18	0,00	0,46	6,515	5,664	2,380	0,399	0,628
5	28,28	0,00	0,49	6,616	5,590	2,364	0,353	0,633
6	23,23	0,00	0,27	6,566	6,104	2,471	0,126	0,667
7	37,37	1,01	0,42	6,707	5,722	2,392	0,255	0,649
8	57,58	1,01	0,55	6,909	5,517	2,349	0,338	0,635
9	27,27	0,00	0,55	6,606	5,491	2,343	0,410	0,623
10	34,34	0,00	0,42	6,677	5,754	2,399	0,248	0,650
11	20,20	0,00	0,33	6,535	5,804	2,409	0,300	0,642
12	52,54	1,01	0,39	6,869	5,851	2,419	0,185	0,662

Graf 12.5: Obtížnost úloh – Varianta B



Graf 12.6: Neřešenost úloh – Varianta B



Obtížnosti úloh ve Variantě B jsou mezi 18 % a 61 %, počet úloh, které řešili všichni studenti, je ještě větší než ve Variantě A – celkem 9. Zbylé tři úlohy neřešilo 1 % testovaných. Reliabilitu mírně snižují úlohy 6 a12.

13 Vytvoření klasifikační stupnice

V této kapitole jsou vypočteny klasifikační stupně na základě normálního rozdělení. Postup při tvorbě stupnice a potřebné vztahy jsou uvedeny v podkapitole 6.2. Tabulka 13.1 uvádí minimální bodové zisky potřebné pro získání daného klasifikačního stupně vypočtené podle vztahu (24) pro procentové ekvivalenty 7-24-38-24-7. V prvním sloupci jsou jednotlivé klasifikační stupně, v dalších sloupcích označení jednotlivých testů:

Test 1B: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Varianta B;

Test 2B: Struktura a vlastnosti plynů, Varianta B;

Test 3A: Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin, Varianta A;

Test 3B: Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin, Varianta B;

Test 4A: Změny skupenství, Varianta A;

Test 4B: Změny skupenství, Varianta B.

Testy 1A (Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Varianta A) a 2A (Struktura a vlastnosti plynů, Varianta A) nejsou v tabulce uvedeny, protože test normality zamítl normální rozdělení hrubého skóru těchto testů (viz části 9.2.1 a 10.2.1).

Tabulky 13.2 a 13.3 analogicky uvádějí minimální bodové zisky pro procentové ekvivalenty 15-20-30-20-15 a 10-20-40-20-10.

Tabulka 13.1: Minimální bodové zisky pro procentové ekvivalenty 7-24-38-24-7

	Test 1B	Test 2B	Test 3A	Test 3B	Test 4A	Test 4B
výborně	9,4	9,2	9,9	10,2	10,7	11,2
chvalitebně	7,3	6,8	7,6	7,9	8,2	8,6
dobře	5,1	4,2	5,3	5,5	5,6	6,0
dostatečně	3,0	1,7	3,0	3,2	3,1	3,5

Tabulka 13.2: Minimální bodové zisky pro procentové ekvivalenty 15-20-30-20-15

	1B	2B	3A	3B	4A	4B
výborně	8,5	8,1	8,8	9,2	9,6	10,0
chvalitebně	7,1	6,5	7,3	7,7	7,9	8,4
dobře	5,4	4,5	5,5	5,8	5,9	6,3
dostatečně	4,0	2,8	4,0	4,3	4,3	4,7

Tabulka 13.3: Minimální bodové zisky pro procentové ekvivalenty 10-20-40-20-10

	1B	2B	3A	3B	4A	4B
výborně	9,0	8,7	9,4	9,8	10,2	10,7
chvalitebně	7,3	6,8	7,6	8,0	8,3	8,7
dobře	5,1	4,2	5,2	5,5	5,6	6,0
dostatečně	3,4	2,2	3,5	3,7	3,6	4,0

Je zřejmé, že při zaokrouhlení na celá čísla se minimální bodové zisky u jednotlivých testů liší, avšak nijak zásadně (největší odlišnosti oproti ostatním vykazuje test 2B). Z tohoto důvodu a z důvodu praktičnosti použití všech testů jako celku navrhuji vytvořit pro všechny testy jednotnou klasifikační stupnici. Navržená klasifikační stupnice vychází z rozdělení 7-24-38-24-7 a je uvedena v tabulce 13.4.

Tabulka 13.4: Navržená klasifikační norma pro vytvořené didaktické testy

Klasifikační stupeň	Bodový interval
Výborně	10 – 12
Chvalitebně	8 – 9
Dobře	5 – 7
Dostatečně	3 – 4
Nedostatečně	0 – 2

Výsledky testů 1A a 2A nevykazovaly normální rozdělení, navrženou klasifikační normu však můžeme přijmout i pro ně.

Z tabulky 9.1 v části 9.2.1 totiž vyplývá, že v testu 1A dosáhlo hrubého skóru 2 a méně bodů 7 % studentů, 4 a méně bodů 39 % studentů, 7 a méně bodů 82 % studentů, a 9 a méně bodů 93 % studentů, což přibližně odpovídá rozložení 7-24-38-24-7.

Analogicky tabulka 10.1 v části 10.2.1 uvádí následující údaje. V testu 2A dosáhlo hrubého skóru 2 a méně bodů 14 % studentů, 4 a méně bodů 43 % studentů, 7 a méně bodů 83 % studentů a 9 a méně bodů 92 % studentů. Zde jsou oproti rozložení 7-24-38-24-7 větší odlišnosti, ale ne tak zásadní, aby vedly k odmítnutí použití výše uvedené klasifikační normy i pro tento test.

14 Závěrečný test Molekulová fyzika a termika

14.1 Popis, zadání a řešení testu

Test ověřuje vědomosti a dovednosti studentů gymnázií v oblasti molekulové fyziky a termiky. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia [32] a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce [19]. Úloha 5 je početní. Tato úloha vyžaduje použití stavové rovnice ideálního plynu.

Test je vyhotoven ve dvou variantách - Varianta A (viz část 14.1.2), Varianta B (viz část 14.1.3). V jednotlivých variantách se vyskytují analogické (ne však stejné) úlohy. Test obsahuje 17 uzavřených úloh (s výběrem odpovědi ze 4 alternativ, z nichž právě jedna je správná). K testu byl vytvořen záznamový list (viz část 14.1.4), do kterého studenti vyplňovali své odpovědi. Tabulkové hodnoty potřebné k řešení některých úloh jsou uvedeny na konci testu.

Z hlediska klasifikace testů (viz podkapitola 1.1) patří test mezi kognitivní monotematické výstupní ověřující objektivně skórovatelné testy. Struktura testu byla vytvořena pomocí specifikační tabulky (viz část 14.1.1), položky byly vybrány z předchozích testů ověřujících jednotlivé úseky učiva molekulové fyziky a temiky.

Správné řešení obou variant testu je uvedeno v tabulce 14.1. Početní řešení úlohy 5 u obou variant je uvedeno pod tabulkou.

Tabulka 14.1: Řešení testu „Molekulová fyzika a termika“

Varianta A																	
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
řešení	c	d	a	b	a	b	d	c	a	a	a	b	d	c	b	d	b
Varianta B																	
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
řešení	a	a	b	d	c	d	b	a	c	d	c	c	a	b	d	b	a

Řešení úlohy 5 Varianty A:

$m = 28\ \text{g} = 2{,}8 \cdot 10^{-2}\ \text{kg}$

$t = 27\ °\text{C} \Rightarrow T = 300\ \text{K}$

$V = 10\ \text{l} = 10^{-2}\ \text{m}^3$

$A_r\,(\text{N}) = 14$

$p = ?$

$$pV = \frac{m}{M_m} RT$$

$$p = \frac{mRT}{M_m V} = \frac{mRT}{V \cdot 2 \cdot A_r \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$p = \frac{2{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot 8{,}31 \cdot 300}{10^{-2} \cdot 2 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}\ \text{Pa}$$

$p \approx 2{,}5 \cdot 10^5\ \text{Pa}$

Řešení úlohy 5 Varianty B:

$V = 15\ \text{l} = 1{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}^3$

$t = 35\ °\text{C} \Rightarrow T = 308\ \text{K}$

$p = 1{,}6 \cdot 10^5\ \text{Pa}$

$A_r\,(\text{O}) = 16$

$m = ?$

$$pV = \frac{m}{M_m} RT$$

$$m = \frac{pVM_m}{RT} = \frac{pV \cdot 2 \cdot A_r \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}}{RT}$$

$$m = \frac{1{,}6 \cdot 10^5 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 308}\ \text{kg}$$

$m \approx 0{,}03\ \text{kg} = 30\ \text{g}$

14.1.1 Specifikační tabulka

Test byl vytvořen pomocí specifikační tabulky 14.2 s předpokládanou dotací fyziky 2 hodiny fyziky týdně, tj. 66 hodin za rok, z toho 42 hodin na téma molekulová fyzika a termika.

Tabulka 14.2: Specifikační tabulka testu

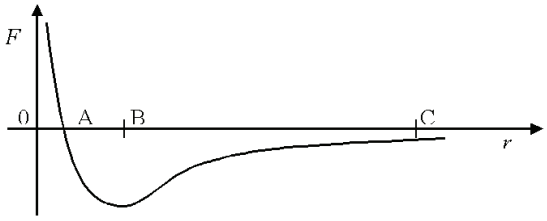
Tem. celek	Hodin	Hod.%	Úloh teor.	Úloh	Kapitola	Hodin	Hod. %	Úloh teor.	Úloh skut.	Č. úlohy
Základní poznatky	6	14,3	2,4	1	Kinetická teorie látek a její experimentální potvrzení	2	33,3	0,33		
					Vzájemné působení částic, rovnovážná poloha	1	16,7	0,17	1	1
					Modely struktur látek různých skupenství	1	16,7	0,17		
					Rovnovážný stav a rovnovážný děj	1	16,7	0,17		
					Termodynamická teplota	1	16,7	0,17		
Celkem						*6*	*100,0*	*1,00*	*1*	
Vnitřní energie, práce a teplo	5	11,9	2,0	2	Vnitřní energie tělesa a její změny	3	40,0	0,80	1	2
					Tepelná a měrná tepelná kapacita, kalorimetrická rovnice	1	20,0	0,40	1	3
					První termodynamický zákon	1	20,0	0,40		
					Přenos vnitřní energie	1	20,0	0,40		
Celkem						*5*	*100,0*	*2,00*	*2*	
Plyny	12	28,6	4,9	6	Ideální plyn	1	8,3	0,50	1	4
					Teplota a tlak plynu	1	8,3	0,50		
					Stavová rovnice ideálního plynu	2	16,7	1,00	1	5
					Izotermický, izobarický, izochorický děj	2	16,7	1,00	1	6
					Stavové změny id. plynu z energetického hlediska	2	16,7	1,00	1	7
					Adiabatický děj	1	8,3	0,50		
					Práce při stálém a proměnném tlaku	1	8,3	0,50	1	8
					Kruhový děj	1	8,3	0,50	1	9
					Druhý termodynamický zákon, tepelné motory	1	8,3	0,50		
Celkem						*12*	*100,0*	*6,00*	*6*	
Pevné látky	7	16,7	2,8	3	Krystal. a amorfní látky, krystalová mřížka a její poruchy	2	28,6	0,86		
					Deformace pevného tělesa	1	14,3	0,43	1	10
					Normálové napětí, Hookův zákon	2	28,6	0,86	1	11
					Teplotní roztažnost pevných těles a její užití v praxi	2	28,6	0,86	1	12
Celkem						*7*	*100,0*	*3,00*	*3*	

Tem. celek	Hodin	Hod.%	Úloh teor.	Úloh	Kapitola	Hodin	Hod.%	Úloh teor.	Úloh	Č. úlohy
Kapaliny	5	11,9	2,0	2	Povrchová vrstva kapaliny, povrchová síla	1	20,0	0,40		
					Povrchové napětí, jevy na rozhraní	2	40,0	0,80	1	13
					Kapilární jevy	1	20,0	0,40	1	14
					Teplotní objemová roztažnost kapalin	1	20,0	0,40		
Celkem						*5*	*100,0*	*2,00*	*2*	
Změny skupenství	7	16,7	2,8	3	Tání a tuhnutí	2	28,6	0,86	1	15
					Sublimace a desublimace	1	14,3	0,43	1	16
					Vypařování a kapalnění	1	14,3	0,43		
					Sytá pára	1	14,3	0,43	1	17
					Fázový diagram	1	14,3	0,43		
					Vodní pára v atmosféře	1	14,3	0,43		
Celkem						*7*	*100,0*	*3,00*	*3*	
Celkem	42	100,0	17	17		42			17	

14.1.2 Zadání testu – Varianta A

Molekulová fyzika a termika
Varianta A

1) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

b) AB b) 0B c) BC d) 0A

2) Po podlaze je smykem vlečena prázdná skříň. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Skříň koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
b) Skříň se pohybuje, koná tedy práci, a proto dojde ke zvýšení vnitřní energie skříně; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
c) Dojde k zahřátí podlahy i skříně, protože si vzájemně předají teplo.
d) Dojde ke zvýšení vnitřní energie podlahy i skříně.

3) Představme si, že by mořská voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch
b) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
c) menší, protože voda by odebírala více tepla okolnímu vzduchu a denní teploty by tedy byly nižší
d) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody

4) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o molekulách ideálního plynu je správné.

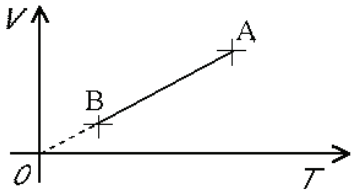
a) Hodnota potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je větší než hodnota celkové kinetické energie těchto molekul.
b) Při srážce molekuly ideálního plynu se stěnou nádoby se nemění velikost rychlosti molekuly.
c) Molekuly ideálního plynu na sebe při malých vzájemných vzdálenostech působí odpudivými silami, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivými silami.
d) Molekuly ideálního plynu na sebe navzájem nenarážejí.

5) V nádobě o objemu 10 litrů je dusík N_2 o hmotnosti 28 g a teplotě 27 °C. Jaký je jeho tlak? Dusík považujte za ideální plyn.

a) $2{,}5 \cdot 10^5$ Pa b) $2{,}2 \cdot 10^4$ Pa c) 249 Pa d) 22 Pa

Do záznamového listu uveďte postup řešení.

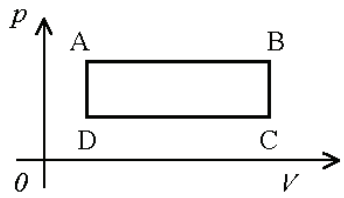
6) Na obrázku jsou ve *V-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.



Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:

a) izotermickou kompresí
b) izobarickou kompresí
c) izobarickou expanzí
d) izochorickou kompresí

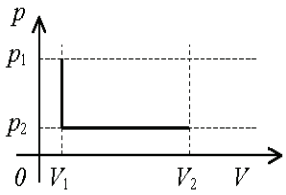
7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



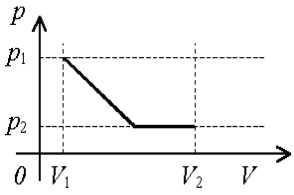
a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně
c) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává

8) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

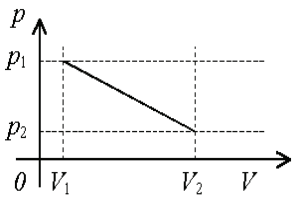
Graf 1:



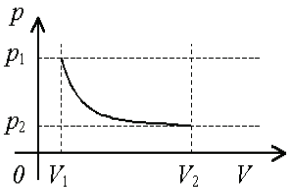
Graf 2:



Graf 3:



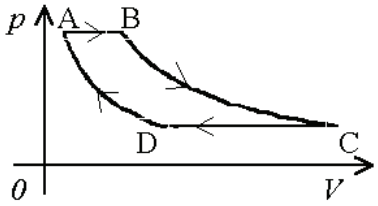
Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal největší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

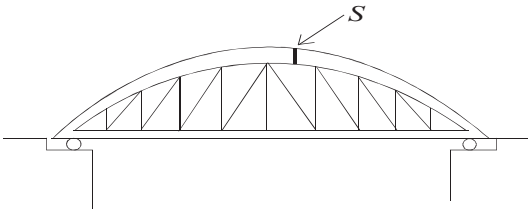
9) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

a) $T_A < T_B$, $T_B = T_C$
b) $T_A = T_B$, $T_B > T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_C = T_D$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$

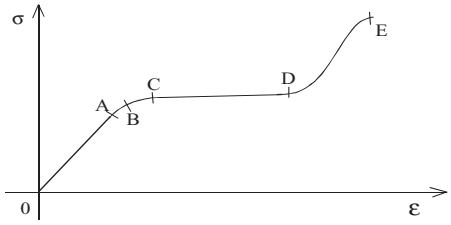
10) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.



V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:

a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem

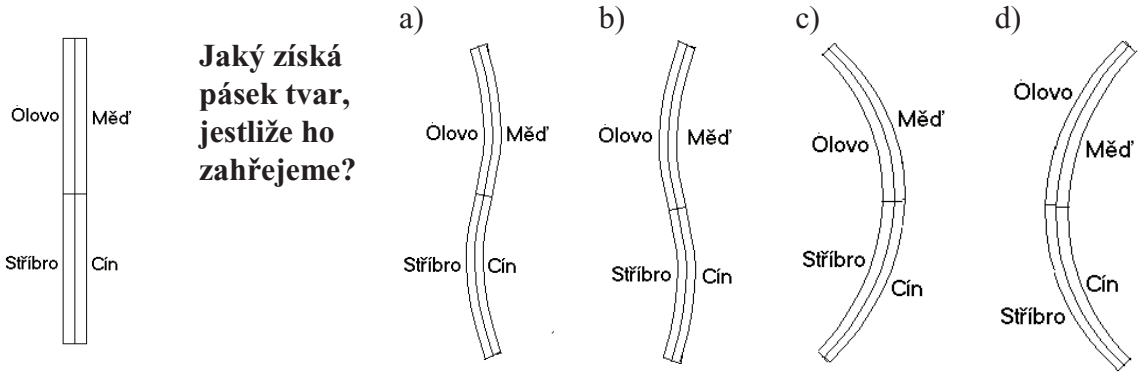
11) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.



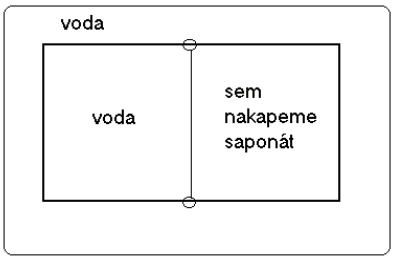
Rozhodněte, která část křivky vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

a) OA
b) OC
c) CD
d) OE

12) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – olova, mědi, stříbra a cínu (viz obrázek).



13) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do pravé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}, povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
b) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
c) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

14) Čím je způsoben pokles hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární depresi?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu *S*. Protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*, působí na kapalinu v kapiláře vzduch větším tlakem než na hladinu kapaliny v širší části nádoby. Kapalina v kapiláře tedy sestoupí níže, než je hladina kapaliny v širší části nádoby .
b) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu *S*, působí na ni tedy malý tlak vzduchu *p*, protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*. Kapalina v kapiláře proto vytlačuje kapalinu v širší části nádoby vzhůru.
c) Kapalina v kapiláře má vypuklý povrch, pod kterým je vnitřní tlak větší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
d) Ve výšce, kam sestoupí kapalina v kapiláře, je vyšší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s klesající výškou roste.

15) Těleso kapalného skupenství o teplotě tuhnutí ztuhlo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Vzrostla.
b) Klesla.
c) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
d) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.

16) Může v zimě ubývat sněhu, i když je po celý den teplota vzduchu o mnoho nižší než 0 °C?

a) Ne, při takovéto teplotě tát nemůže a k sublimaci sněhu nedochází.
b) Ne, sněhu ubývá pouze když je jeho teplota vyšší než 0 °C.
c) Ano, ale pouze když svítí slunce, které dokáže zahřát vrchní vrstvu sněhu na teplotu tání.
d) Ano, sníh sice nemůže tát, ale sublimuje.

17) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Snížíme teplotu této soustavy. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část páry zkondenzuje a výsledná pára přestane být sytá.
b) Klesne tlak syté páry.
c) Klesne teplota páry a pára přestane být sytá.
d) Protože se jedná o sytou páru, při snížení teploty veškerá pára zkondenzuje.

Tabulka důležitých hodnot

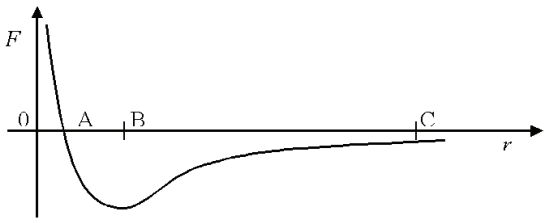
A_r – relativní atomová hmotnost, α – součinitel teplotní délkové roztažnosti

	Cín	Hliník	Měď	Olovo	Stříbro	Dusík	Kyslík
A_r	119	27	64	207	108	14	16
α / 10^{-3} K^{-1}	0,027	0,024	0,017	0,029	0,019	-	-

14.1.3 Zadání testu – Varianta B

Molekulová fyzika a termika
Varianta B

1) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0A c) BC d) 0B

2) Skladník táhne po vodorovné podlaze smykem prázdnou bednu. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny i povrchu podlahy.
b) Bedna koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
c) Bedna se pohybuje, a proto dojde ke zvýšení její vnitřní energie; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
d) Dojde k zahřátí bedny i povrchu podlahy, protože si vzájemně předají teplo.

3) Představme si, že by mořská voda měla ještě mnohem větší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody
b) menší, protože ve dne by se voda pomaleji ohřívala a v noci pomaleji chladla. Proto by voda ve dne více ochlazovala okolní vzduch a v noci ho více ohřívala.
c) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
d) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch

4) Pro potenciální energii E_p molekul ideálního plynu a celkovou kinetickou energii E_K těchto molekul platí:

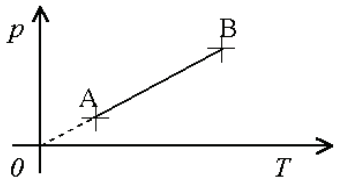
a) $0 < E_p < E_K$
b) $E_p > 0$
c) $E_p > E_K$
d) $E_p = 0$

5) V nádobě o objemu 15 litrů je kyslík O_2 o teplotě 35 °C a tlaku $1{,}6 \cdot 10^5$ Pa. Jaká je jeho hmotnost? Kyslík považujte za ideální plyn.

a) 264 g b) 264 kg c) 30 g d) 30 kg

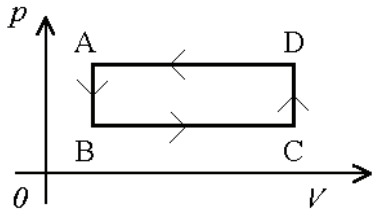
Do záznamového listu uveďte postup řešení.

6) Na obrázku jsou v *p-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B. Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:



a) izobarickým zvětšením objemu plynu
b) izobarickým zvýšením teploty plynu
c) izotermickým zvýšením tlaku plynu
d) izochorickým zvýšením teploty plynu

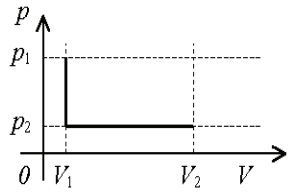
7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



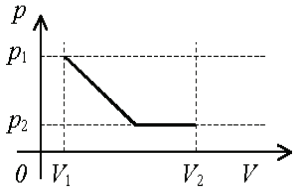
a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) AB, DA - odevzdává, BC, CD - přijímá
c) AB - odevzdává, CD - přijímá, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) DA - odevzdává, BC - přijímá, AB, CD - nedochází k tepelné výměně

8) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

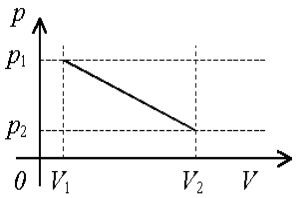
Graf 1:



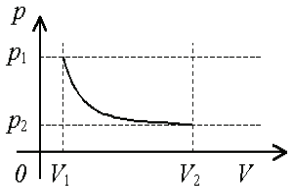
Graf 2:



Graf 3:



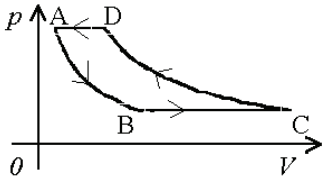
Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal nejmenší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

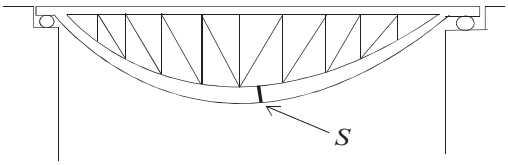
9) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

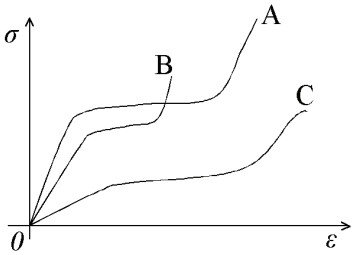
a) $T_A = T_D$, $T_B = T_C$
b) $T_A > T_B$, $T_B = T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_B < T_C$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$

10) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*. V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:



a) ohybem
b) smykem
c) tlakem
d) tahem

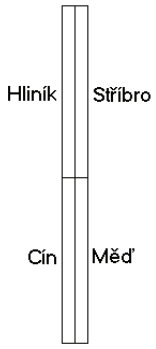
11) Na obrázku je křivka deformace tahem (závislost normálového napětí σ na relativním prodloužení ε) pro dráty ze tří různých materiálů A, B, C.



Který drát je vyroben z materiálu o nejmenším modulu pružnosti v tahu?

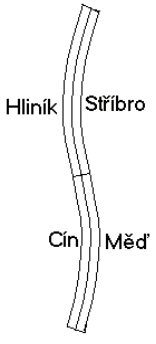
a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) na základě tohoto grafu nelze rozhodnout

12) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – hliníku, stříbra, cínu a mědi (viz obrázek).

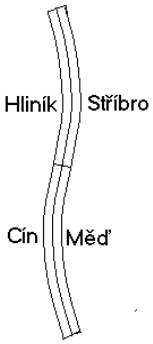


Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?

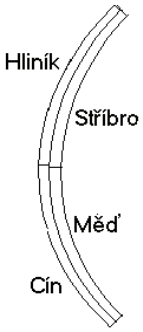
a)



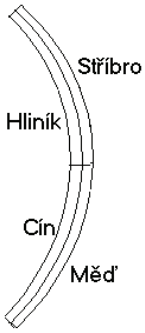
b)



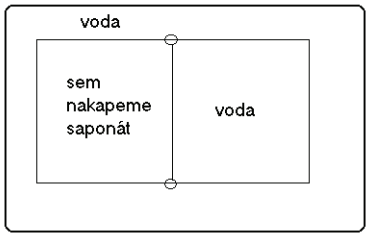
c)



d)



13) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do levé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}, povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
b) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
c) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

14) Čím je způsoben vzestup hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární elevaci?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu S, proto na ni působí velice malá tlaková síla vzduchu $F = pS$, vystoupí tedy výše než je hladina kapaliny v širší části nádoby.
b) Kapalina v kapiláře má dutý povrch, pod kterým je vnitřní tlak nižší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
c) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu S, působí na ni tedy velká tlaková síla vzduchu $F = pS$, proto vytlačuje kapalinu v kapiláře vzhůru.
d) Ve výšce, kam vystoupí kapalina v kapiláře, je nižší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s rostoucí výškou klesá.

15) Těleso pevného skupenství o teplotě tání roztálo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.
b) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
c) Klesla.
d) Vzrostla.

16) Je nebo není možné a proč, aby venku uschlo vyprané prádlo, pokud je teplota vzduchu nižší než 0 °C?

a) Není to možné. Aby prádlo uschlo, voda se musí vypařit, a to není možné, protože zmrzne.
b) Je to možné. Voda obsažená v prádle sice zmrzne, ale vzniklý led sublimuje.
c) Není to možné. Voda zmrzne v led a led nesublimuje.
d) Je to možné, ale pouze pokud je dobře vyždímané, a tedy je v něm málo vody – ta se stačí vypařit dříve, než by mohla zmrznout.

17) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Izotermicky zvětšíme objem nádoby. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část kapaliny se vypaří a pára nad kapalinou zůstane sytá.
b) Pára zvětší svůj objem a přestane být sytou.
c) Pára se ochladí a část jí zkondenzuje.
d) Sníží se tlak syté páry.

Tabulka důležitých hodnot

A_r – relativní atomová hmotnost, α – součinitel teplotní délkové roztažnosti

	Cín	Hliník	Měď	Olovo	Stříbro	Dusík	Kyslík
A_r	119	27	64	207	108	14	16
α / 10^{-3} K^{-1}	0,027	0,024	0,017	0,029	0,019	-	-

14.1.4 Záznamový list

Záznamový list odpovědí
Molekulová fyzika a termika

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Adresa školy:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem takto: ☒
V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď. **Hodnoty potřebných fyzikálních veličin jsou uvedeny v tabulce na konci zadání testu.**

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d

10	11	12	13	14	15	16	17
a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu. Sem také **uveďte <u>celý postup</u> řešení úlohy**, u které je v zadání napsáno „***Do záznamového listu uveďte postup řešení.***“.

14.2 Statistické zpracování výsledků testu „Molekulová fyzika a termika

Statistické zpracování uvedené v této kapitole bylo provedeno pomocí programu Statistica [36].

14.2.1 Četnosti dosažených hrubých skórů

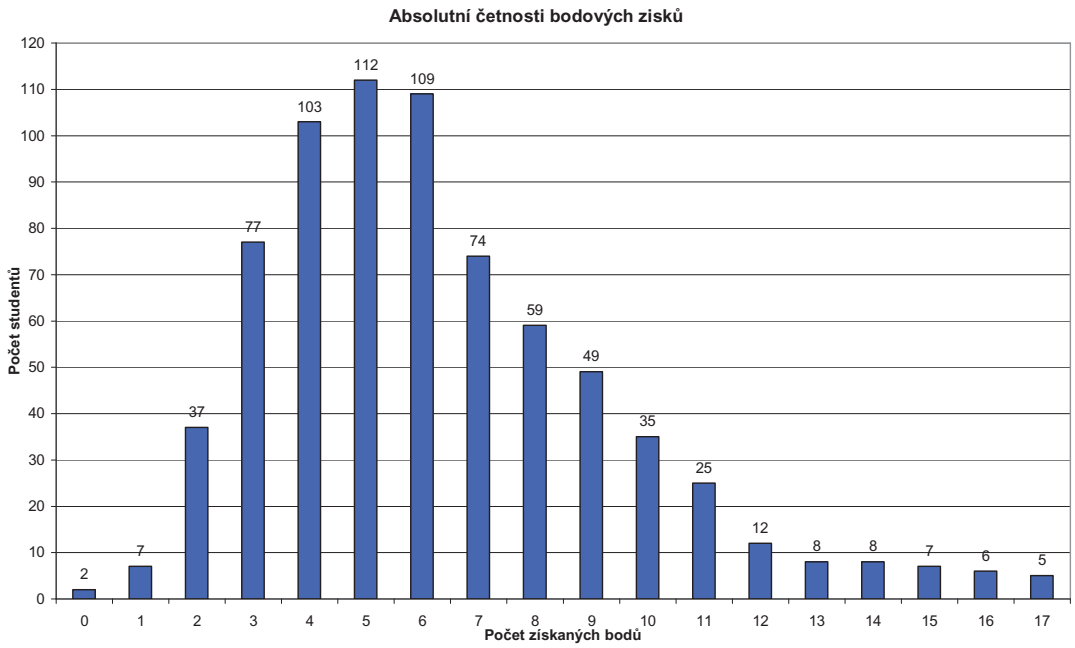
Tabulka 14.2 uvádí absolutní četnosti, kumulativní absolutní četnosti, relativní četnosti a kumulativní relativní četnosti dosaženého hrubého skóru.

Tabulka 14.2: Četnosti dosaženého hrubého skóru

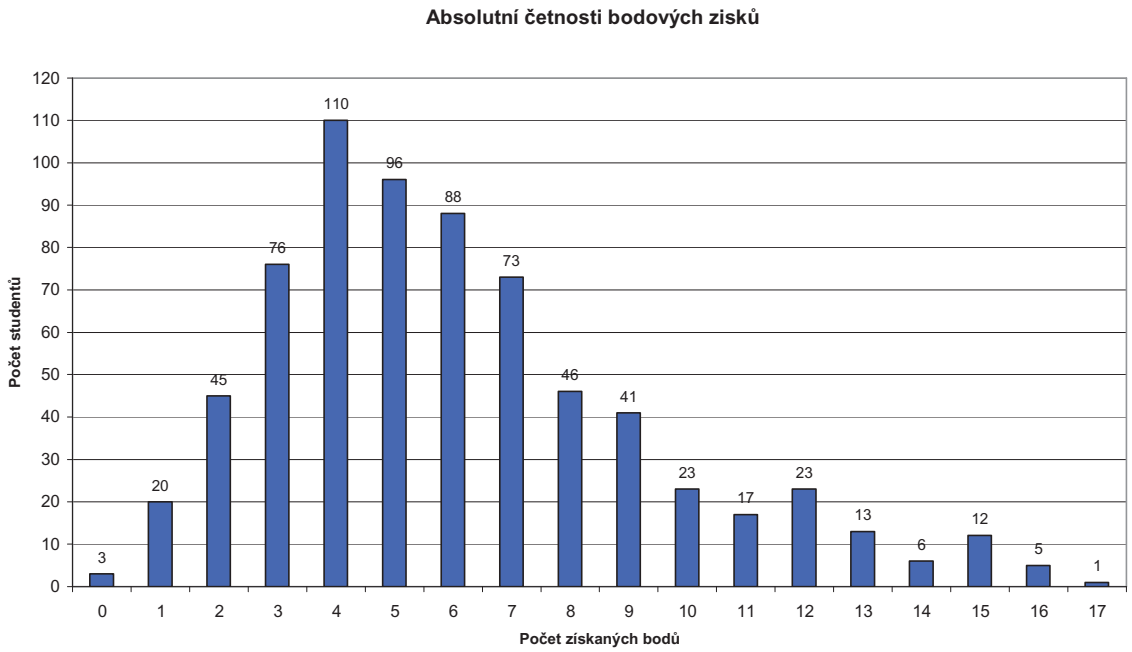
	Varianta A				Varianta B			
Hrubý skór	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost	Absolutní četnost	Kumulativní absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
0	2	2	0,27	0,27	3	3	0,43	0,43
1	7	9	0,95	1,22	20	23	2,87	3,30
2	37	46	5,03	6,26	45	68	6,45	9,74
3	77	123	10,48	16,73	76	144	10,89	20,63
4	103	226	14,01	30,75	110	254	15,76	36,39
5	112	338	15,24	45,99	96	350	13,75	50,14
6	109	447	14,83	60,82	88	438	12,61	62,75
7	74	521	10,07	70,88	73	511	10,46	73,21
8	59	580	8,03	78,91	46	557	6,59	79,80
9	49	629	6,67	85,58	41	598	5,87	85,67
10	35	664	4,76	90,34	23	621	3,30	88,97
11	25	689	3,40	93,74	17	638	2,44	91,40
12	12	701	1,63	95,37	23	661	3,30	94,70
13	8	709	1,09	96,46	13	674	1,86	96,56
14	8	717	1,09	97,55	6	680	0,86	97,42
15	7	724	0,95	98,50	12	692	1,72	99,14
16	6	730	0,82	99,32	5	697	0,72	99,86
17	5	735	0,68	100,00	1	698	0,14	100,00
Celkem	735		100,00		698		100,00	

Pro lepší názornost jsou uvedeny grafy rozdělení absolutních četností bodových zisků (*HS*).

Graf 14.1: Absolutní četnosti bodových zisků – Varianta A



Graf 14.2: Absolutní četnosti bodových zisků - Varianta B



Tabulka 14.3: Test normality rozložení *HS* ve Variantě A

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O-E	(O-E)**2/E
0-1	9	31,60	-22,60	16,16
2	37	28,44	8,56	2,58
3	77	44,45	32,55	23,83
4	103	62,64	40,36	26,00
5	112	79,59	32,41	13,20
6	109	91,18	17,82	3,48
7	74	94,18	-20,18	4,32
8	59	87,71	-28,71	9,40
9	49	73,66	-24,66	8,25
10	35	55,77	-20,77	7,73
11	25	38,07	-13,07	4,49
12	12	23,43	-11,43	5,58
13	8	13,00	-5,00	1,93
14	8	6,51	1,49	0,34
15	7	2,94	4,06	5,63
16	6	1,19	4,81	19,34
17	5	0,44	4,56	47,52
Suma	735			199,78

Normalita dat v obou variantách byla ověřována pomocí χ^2 testu. Výsledky získané pomocí programu Statistica jsou uvedeny v tabulkách 14.3 (Varianta A) a 14.4 (Varianta B).

Body jsou rozděleny do 17 tříd, to odpovídá 14 stupňům volnosti. Z [13] kritická hodnota χ^2 rozdělení pro 14 stupňů volnosti je 23,69 pro hladinu významnosti 5 %. Protože 199,78 > 23,69, nemůžeme na pětiprocentní hladině významnosti hypotézu o normálním rozdělení přijmout.

Tabulka 14.4: Test normality rozložení *HS* ve Variantě B

Body	četnosti získané (O)	četnosti očekávané (E)	O-E	(O-E)**2/E
0-1	23	41,07	-18,07	7,95
2	45	31,69	13,31	5,59
3	76	46,48	29,52	18,75
4	110	62,08	47,92	36,98
5	96	75,53	20,47	5,55
6	88	83,70	4,30	0,22
7	73	84,48	-11,48	1,56
8	46	77,66	-31,66	12,90
9	41	65,02	-24,02	8,87
10	23	49,58	-26,58	14,25
11	17	34,44	-17,44	8,83
12	23	21,79	1,21	0,07
13	13	12,55	0,45	0,02
14	6	6,59	-0,59	0,05
15	12	3,15	8,85	24,88
16	5	1,37	3,63	9,61
17	1	0,54	0,46	0,38
	698			156,47

Také v tomto případě jsou body rozděleny do 17 tříd, což odpovídá 14 stupňům volnosti. Stejně jako ve Variantě A porovnáme vypočtenou hodnotu statistiky χ^2 s kritickou hodnotou χ^2 rozdělení s daným počtem stupňů volnosti na hladině významnosti 5 %. Protože 156,47 > 23,69, nemůžeme ani v tomto případě normalitu dat přijmout.

Normalitu dat nemůžeme na základě výsledků χ^2 testu přijmout ani pro jednu variantu testu. Grafy 14.1 a 14.2 ukazují, že rozdělení bodových zisků je poněkud sešikmené, a to k nižším hodnotám. Je to dáno zřejmě tím, že i přes snahu zadávajících ne všichni testovaní studenti přistupovali k řešení testu zodpovědně, tj. nesnažili se test vyřešit podle svých nejlepších schopností. Tito studenti by pravděpodobně podali lepší výkon, kdyby byli přesvědčeni, že budou ohodnoceni platnou známkou. Data jsou proto ovlivněna hádáním těchto studentů, což samozřejmě vede k nižší hodnotě průměrného skóru a ke zmíněnému sešikmení.

14.2.2 Percentilová pořadí

V tabulce 14.5 jsou vypočtena percentilová pořadí podle vztahu (22) pro obě varianty testu.

Tabulka 14.5: Percentilová pořadí

Hrubý skór	Percentilové pořadí	
	Varianta A	Varianta B
0	0,1	0,2
1	0,7	1,9
2	3,7	6,5
3	11,5	15,2
4	23,7	28,5
5	38,4	43,3
6	53,4	56,4
7	65,9	68,0
8	74,9	76,5
9	82,2	82,7
10	88,0	87,3
11	92,0	90,2
12	94,6	93,1
13	95,9	95,6
14	97,0	97,0
15	98,0	98,3
16	98,9	99,5
17	99,7	99,9

14.2.3 Nejdůležitější statistické charakteristiky

Nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu jsou uvedeny v tabulce 14.6.

Tabulka 14.6: nejvýznamnější statistické charakteristiky obou variant testu

	Počet studentů	Aritmet. průměr *HS*	95 % interval spolehlivosti pro aritm. průměr		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrod. odchylka
Varianta A	735	6,313	6,089	6,537	6	4	8	9,575	3,094
Varianta B	698	6,099	5,857	6,341	5	4	8	10,620	3,259

14.2.4 Stanovení reliability testu

Ke stanovení reliability testu bylo použito Cronbachova alfa dle vztahu (20).

Varianta A: $\boldsymbol{\alpha = 0{,}643}$

Varianta B: $\boldsymbol{\alpha = 0{,}704}$

14.2.5 Položková analýza – statistické charakteristiky úloh

V této kapitole je proveden rozbor jednotlivých úloh testu. Tabulky 14.7 a 14.8 uvádějí některé charakteristiky všech úloh a zhodnocení příspěvku každé z nich k celkovému výsledku testu. Pro lepší přehlednost jsou uvedeny grafy obtížnosti (grafy 14.3 a 14.5) a neřešenosti (grafy 14.4 a 14.6) jednotlivých úloh.

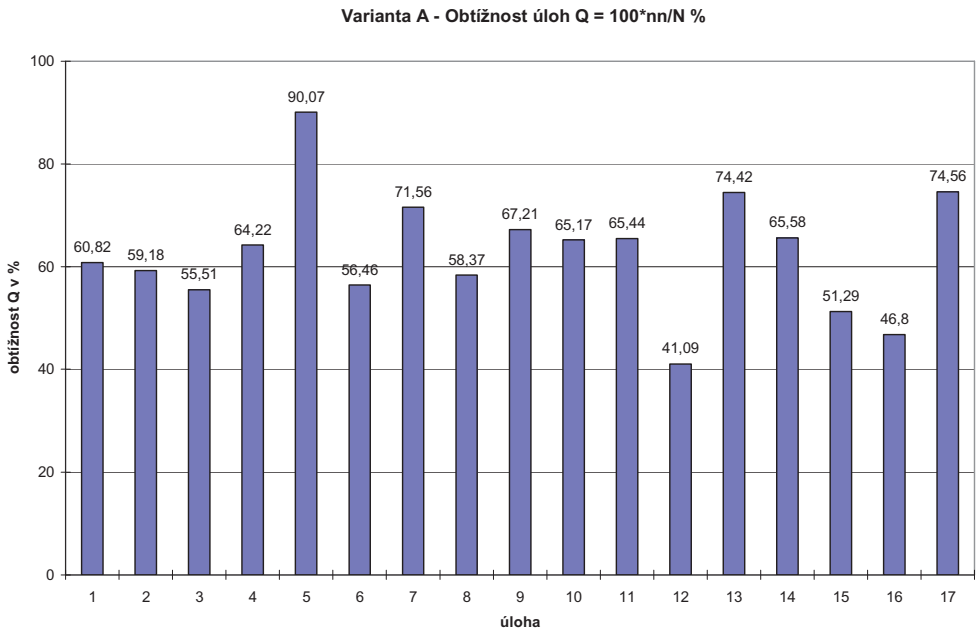
Význam jednotlivých sloupců v tabulkách 14.6 a 14.7 je následující:

1. sloupec – číslo úlohy v testu
2. sloupec – obtížnost položky *Q* v % dle vztahu (2)
3. sloupec – neřešenost jednotlivých úloh, tj. relativní četnost studentů, kteří danou položku neřešili (neuvedli odpověď)
4. sloupec – koeficient citlivosti ULI, dle vztahu (5), kde $a = 3$
5. sloupec – aritmetický průměr hrubého skóru testu při vynechání dané položky
6. sloupec - rozptyl hrubého skóru testu při vynechání dané položky
7. sloupec – směrodatná odchylka hrubého skóru testu při vynechání dané položky
8. sloupec – korelační koeficient dané položky s celkovým hrubým skórem v testu dle vztahu (16). Všechny hodnoty korelačních koeficientů jsou statisticky významné na hladině významnosti 5 %.
9. sloupec – reliabilita testu (Cronbachovo alfa) v případě vynechání dané položky

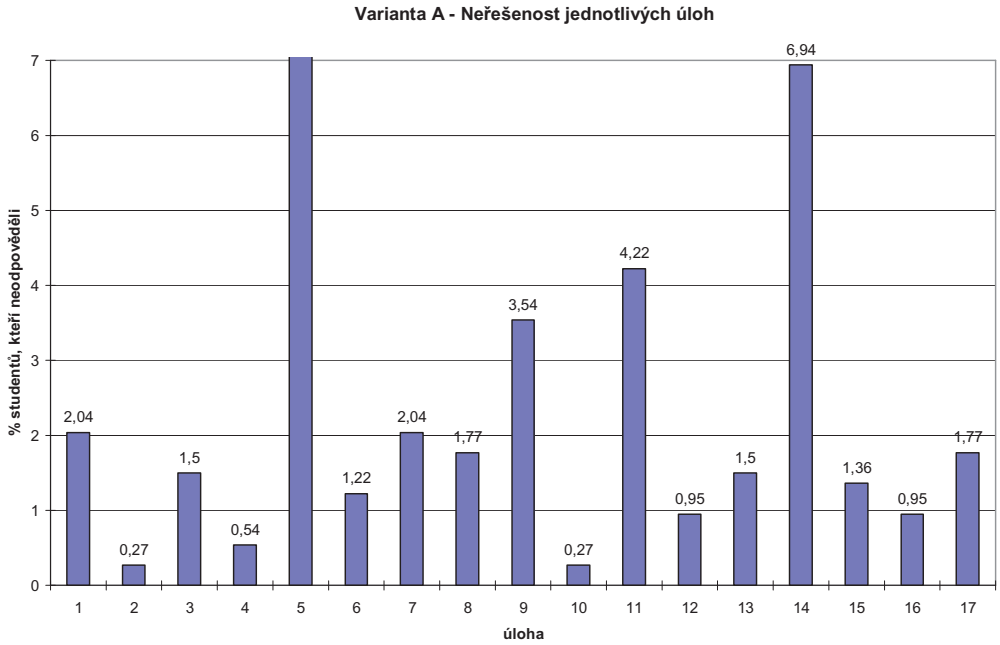
Tabulka 14.7: Statistické charakteristiky úloh – Varianta A

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmetický průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka-*HS*	*α*
1	60,82	2,04	0,31	5,931	8,699	2,949	0,204	0,635
2	59,18	0,27	0,54	5,914	8,282	2,878	0,354	0,614
3	55,51	1,50	0,39	5,878	8,573	2,928	0,242	0,630
4	64,22	0,54	0,50	5,965	8,410	2,900	0,318	0,619
5	90,07	68,84	0,21	6,223	8,756	2,959	0,384	0,620
6	56,46	1,22	0,42	5,887	8,653	2,942	0,215	0,634
7	71,56	2,04	0,43	6,038	8,442	2,906	0,335	0,618
8	58,37	1,77	0,42	5,906	8,520	2,919	0,264	0,627
9	67,21	3,54	0,45	5,995	8,514	2,918	0,289	0,623
10	65,17	0,27	0,25	5,974	8,942	2,990	0,125	0,645
11	65,44	4,22	0,42	5,977	8,556	2,925	0,267	0,626
12	41,09	0,95	0,48	5,733	8,606	2,934	0,234	0,631
13	74,42	1,50	0,39	6,067	8,634	2,938	0,273	0,626
14	65,58	6,94	0,36	5,978	8,691	2,948	0,217	0,633
15	51,29	1,36	0,37	5,835	8,788	2,964	0,164	0,641
16	46,80	0,95	0,41	5,791	8,808	2,968	0,158	0,642
17	74,56	1,77	0,25	6,068	8,755	2,959	0,225	0,632

Graf 14.3: Obtížnost úloh – Varianta A



Graf 14.4: Neřešenost úloh – Varianta A



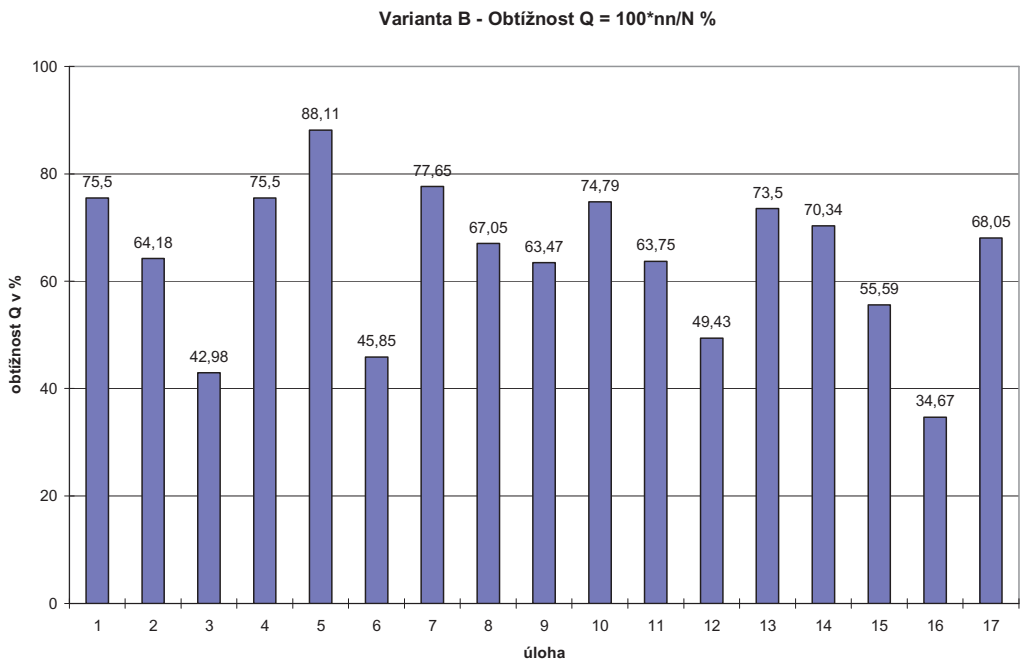
Z tabulky 14.7 a grafů 14.3 a 14.4 vyplývá, že s výjimkou úlohy 5 nebyla žádná úloha extrémně snadná nebo extrémně obtížná. Obtížnost úloh se až na zmíněnou výjimku pohybuje v rozmezí (40 – 80) %. Vysoká obtížnost úlohy 5 (90 %) samozřejmě souvisí s její vysokou neřešeností (69 %), která je bezpochyby dána tím, že k vyřešení této úlohy bylo třeba provést (byť jednoduchý) výpočet, což se většině testovaných studentů nechtělo. S tím samozřejmě souvisí i nízká citlivost této úlohy (koeficient ULI = 0,21) a fakt, že vynecháním této položky by se příliš nezměnil aritmetický průměr hrubého skóru testu.

S výjimkou úlohy 10 je reliabilita testu při vynechání jedné úlohy vždy nižší než reliabilita testu se všemi položkami. Až na úlohu 10 tedy všechny úlohy přispívají ke zvýšení reliability testu. Úloha 10 také nejméně koreluje s celkovým výsledkem v testu.

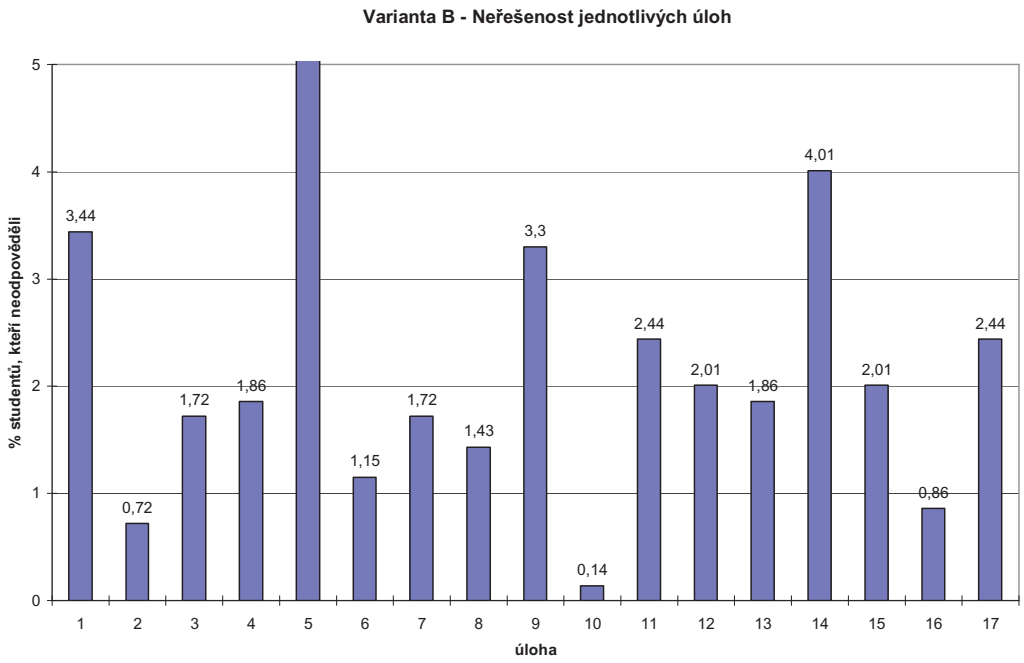
Tabulka 14.8: Statistické charakteristiky úloh – Varianta B

Úloha	Obtížnost *Q* v %	Neřešenost v %	Citlivost ULI	Aritmet. průměr *HS*	Rozptyl	Směrod. odchylka	Korelace položka-*HS*	*α*
1	75,50	3,44	0,47	5,851	9,350	3,058	0,414	0,678
2	64,18	0,72	0,46	5,738	9,322	3,053	0,367	0,682
3	42,98	1,72	0,53	5,526	9,375	3,062	0,332	0,686
4	75,50	1,86	0,36	5,851	9,686	3,112	0,282	0,692
5	88,11	68,77	0,30	5,977	9,613	3,100	0,452	0,680
6	45,85	1,15	0,49	5,554	9,617	3,101	0,246	0,696
7	77,65	1,72	0,37	5,872	9,538	3,088	0,355	0,685
8	67,05	1,43	0,38	5,766	9,620	3,102	0,269	0,693
9	63,47	3,30	0,55	5,731	9,182	3,030	0,415	0,677
10	74,79	0,14	0,31	5,844	9,765	3,125	0,248	0,695
11	63,75	2,44	0,28	5,734	9,826	3,135	0,189	0,702
12	49,43	2,01	0,55	5,590	9,371	3,061	0,328	0,687
13	73,50	1,86	0,47	5,831	9,350	3,058	0,401	0,680
14	70,34	4,01	0,36	5,799	9,811	3,132	0,211	0,699
15	55,59	2,01	0,26	5,652	9,863	3,141	0,165	0,705
16	34,67	0,86	0,42	5,443	9,705	3,115	0,234	0,697
17	68,05	2,44	0,31	5,777	9,976	3,158	0,147	0,706

Graf 14.5: Obtížnost úloh – Varianta B



Graf 14.6: Neřešenost úloh – Varianta B



Charakteristiky jednotlivých úloh ve Variantě B testu ukazuje Tabulka 14.8 a grafy 14.5 a 14.6. Ve Variantě B se obtížnost úloh pohybuje v rozmezí (35 – 80) %, tedy nejsou zde příliš snadné ani příliš obtížné úlohy, výjimkou je stejně jako ve Variantě A úloha 5, a to ze stejných důvodů. Úloha 5 vykazuje obtížnost 88 % a neřešenost 69 % Citlivost je zde lepší než ve Variantě A, koeficient ULI je roven 0,30.

Reliabilita testu Varianty B je vyšší než Varianty A a s výjimkou úloh 15 a 17 všechny úlohy přispívají ke zvýšení reliability.Úlohy 15 a 17 také nejméně korelují s hrubým skóre testu.

14.2.6 Vytvoření klasifikační stupnice

V této části je vytvořena klasifikační stupnice z percentilové škály. Postup při tvorbě stupnice a potřebné vztahy jsou uvedeny v podkapitole 6.1. Stupnice je vytvořena pro procentové ekvivalenty 7-24-38-24-7. Odpovídající procentové intervaly uvádí Tabulka 14.9.

Tabulka 14.9: Procentové intervaly a klasifikační stupně

Procentový interval	Klasifikační stupeň
0 % - 7 %	nedostatečně
8 % - 31 %	dostatečně
32 % - 69 %	dobře
70 % - 93 %	chvalitebně
94 % - 100 %	výborně

Klasifikační stupně odpovídající různým pořadím a tedy možným ziskům hrubého skóru jsou uvedeny v tabulce 14.10.

Tabulka 14.10: Percentilová pořadí a klasifikační stupně

Hrubý skór	Percentilové pořadí		Klasifikační stupeň
	Varianta A	Varianta B	
0	0,1	0,2	5
1	0,7	1,9	5
2	3,7	6,5	5
3	11,5	15,2	4
4	23,7	28,5	4
5	38,4	43,3	3
6	53,4	56,4	3
7	65,9	68,0	3
8	74,9	76,5	2
9	82,2	82,7	2
10	88,0	87,3	2
11	92,0	90,2	2
12	94,6	93,1	1
13	95,9	95,6	1
14	97,0	97,0	1
15	98,0	98,3	1
16	98,9	99,5	1
17	99,7	99,9	1

Po drobné úpravě (za 8 získaných bodů stupeň dobře místo chvalitebně a za 12 získaných bodů stupeň chvalitebně místo výborně) navrhuji klasifikační stupnici uvedenou v tabulce 14.11.

Tabulka 14.11: Navržená klasifikační norma pro didaktický test

Klasifikační stupeň	Bodový interval
Výborně	13 – 17
Chvalitebně	9 – 12
Dobře	5 – 8
Dostatečně	3 – 4
Nedostatečně	0 – 2

Jak již bylo uvedeno a zdůvodněno v části 14.2.1, rozdělení bodových zisků je poněkud sešikmené, a to k nižším hodnotám. Z toho plyne „nahuštění“ bodů percentilové škály k nižším bodovým ziskům – přibližně 0. – 90. percentil odpovídá 0 – 10 bodů. Při konstrukci klasifikační stupnice z percentilové škály pak dochází k velkému bodovému rozpětí pro klasifikační stupeň „výborně“. Při použití testu v praxi je samozřejmě možné klasifikační normu upravit podle konkrétních podmínek.

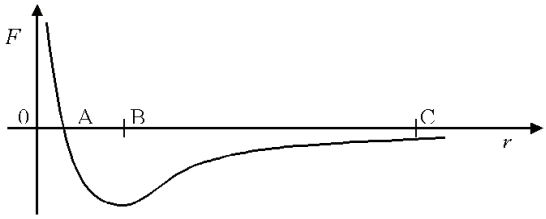
14.2.7 Položková analýza - popis výsledků úloh Varianty A

Tato část obsahuje popis výsledků úloh testu. Pro přehlednost je vždy nejdříve uvedeno zadání úlohy tak, jak bylo skutečně zadáváno při testování. Následuje graf citlivosti (jeho

vytvoření viz podkapitola 4.2) dané úlohy a tabulka četností odpovědí studentů. Poté je uveden slovní komentář.

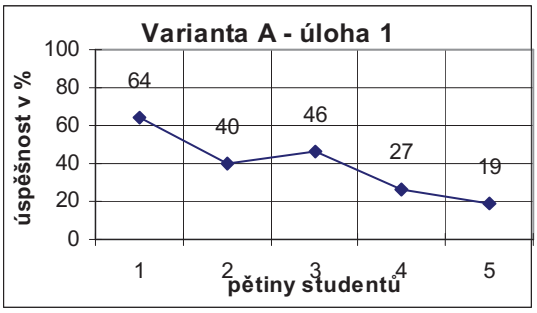
V tabulce četností odpovědí jsou v prvním sloupci nabízené alternativy, ve druhém sloupci absolutní četnosti studentů, kteří označili danou alternativu za správnou a ve třetím sloupci jsou relativní četnosti v procentech. V tabulce je správná odpověď označena symbolem *. V textu popisující výsledky úlohy jsou u některých úloh odkazy na analogickou úlohu ve druhé variantě testu, taková úloha je označena svým číslem a písmenem varianty (úloha XA (XB) je úloha číslo X z Varianty A (B) testu).

1) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0B c) BC d) 0A



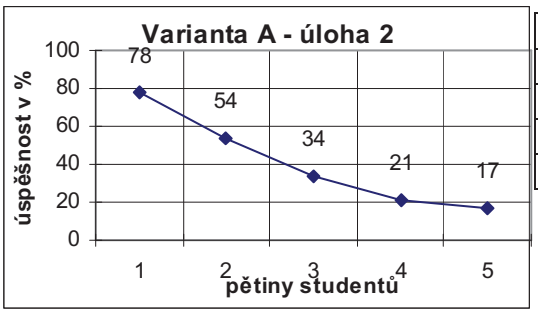
a	125	17,01
b	181	24,63
c*	288	39,18
d	126	17,14
9	15	2,04

Úloha zjišťovala, jak studenti rozumí grafu $F(r)$, zda dokáží rozhodnout, která část křivky odpovídá odpudivé síle a která část křivky přitažlivé síle a jak umí interpretovat průběh křivky. Úlohu řešilo téměř 98 % studentů, z nichž necelých 40 % odpovědělo správně. Ostatní volili jeden ze tří distraktorů, které všechny popisují úseky, kde křivka klesá (bez ohledu na rozlišení oblasti přitažlivých a odpudivých sil). Ti, co zvolili distraktor a), zřejmě vědí, že „pod osu *r*“ se kreslí přitažlivé síly, ale nevzali v potaz opačnou orientaci osy síly v této části grafu. Volba distraktoru b) odpovídá nerozlišování oblasti přitažlivých a odpudivých sil a distraktor d) záměně těchto oblastí.

Úloha není citlivá v oblasti druhé a třetí nejlepší skupiny studentů.

2) Po podlaze je smykem vlečena prázdná skříň. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Skříň koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
b) Skříň se pohybuje, koná tedy práci, a proto dojde ke zvýšení vnitřní energie skříně; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
c) Dojde k zahřátí podlahy i skříně, protože si vzájemně předají teplo.
d) Dojde ke zvýšení vnitřní energie podlahy i skříně.



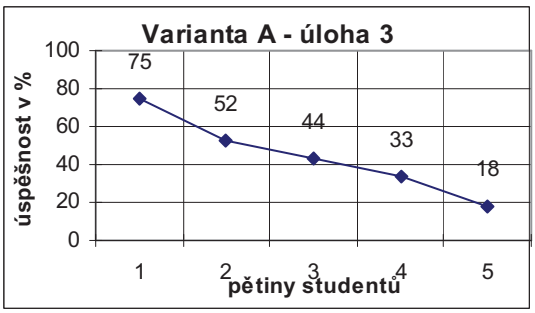
a	124	16,87
b	84	11,43
c	225	30,61
d*	300	40,82
9	2	0,27

Úloha zjišťuje orientaci studentů v problematice vnitřní energie tělesa a její změny. Nejvíce studentů zvolilo správnou odpověď. Naproti tomu přes 30 % řešitelů si spojilo zahřátí tělesa pouze s tepelnou výměnou – distraktor c). Odpověď a) byla atraktivní pravděpodobně tím, že hovoří o 1. termodynamickém zákonu, práci a teple - pojmech, které si dohromady spojuje většina studentů.

Úloha dobře rozlišuje mezi všemi skupinami studentů.

3) Představme si, že by mořská voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch
b) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
c) menší, protože voda by odebírala více tepla okolnímu vzduchu a denní teploty by tedy byly nižší
d) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody



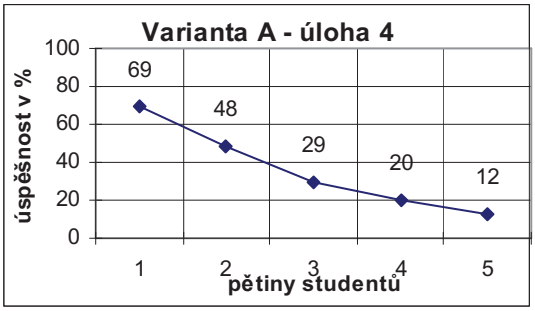
a*	327	44,49
b	179	24,35
c	109	14,83
d	109	14,83
9	11	1,50

Úloha zkoumá, zda si studenti uvědomují skutečnost, že voda má velkou měrnou tepelnou kapacitu a jak pochopili vliv této skutečnosti na podnebí.

44 % studentů vybralo správnou odpověď a), tedy že rozdíly by byly větší. Nezávislost teploty vzduchu na měrné tepelné kapacitě vody (odpověď d) připouští 15 % testovaných. Naproti tomu 24 % studentů uvedlo odpověď b), tedy také to, že rozdíly teplot vzduchu by byly stejné, jen s vysvětlením, které odpověď nabízí. Citlivost úlohy je vyhovující.

4) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o molekulách ideálního plynu je správné.

a) Hodnota potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je větší než hodnota celkové kinetické energie těchto molekul.
b) Při srážce molekuly ideálního plynu se stěnou nádoby se nemění velikost rychlosti molekuly.
c) Molekuly ideálního plynu na sebe při malých vzájemných vzdálenostech působí odpudivými silami, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivými silami.
d) Molekuly ideálního plynu na sebe navzájem nenarážejí.



a	96	13,06
b*	263	35,78
c	263	35,78
d	109	14,83
9	4	0,54

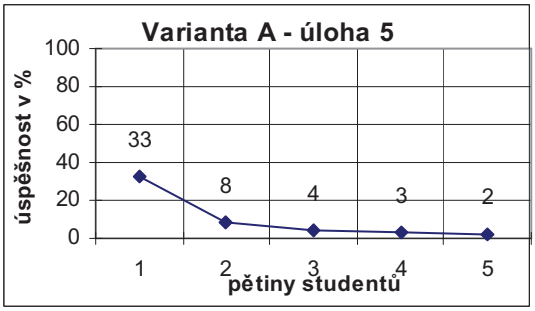
V této úloze mají studenti prokázat, jak rozumí pojmu „ideální plyn“, který je potřebný ke studiu vlastností plynného skupenství látek.

Správných odpovědí bylo o málo více než třetina, stejný počet odpovědí vykázal distraktor c), jehož volba odpovídá nerozlišování ideálního a reálného plynu. Distraktory a) a d), které nepopisují správně ideální ani reálný plyn byly voleny přibližně rovnoměrně.

Citlivost úlohy je dobrá.

5) V nádobě o objemu 10 litrů je dusík N_2 o hmotnosti 28 g a teplotě 27 °C. Jaký je jeho tlak? Dusík považujte za ideální plyn.

a) $2{,}5 \cdot 10^5$ Pa b) $2{,}2 \cdot 10^4$ Pa c) 249 Pa d) 22 Pa



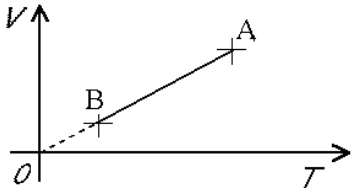
a*	73	9,93
b	30	4,08
c	66	8,98
d	29	3,95
9	506	68,84
8**	31	4,22

Úlohu bylo třeba řešit početně, což se projevilo v počtu chybějících odpovědí – 69 % studentů úlohu vynechalo. Ke správné odpovědi a) se dobralo 10 % studentů. 9 % studentů zvolilo distraktor c), který odpovídá záměně molární hmotnosti N_2 za relativní molekulovou hmotnost N_2. V tomto případě poměrně málo studentů zaměnilo termodynamickou teplotu za Celsiovu (distraktor b) – četnost 4 %) a stejně studentů se dopustilo obou chyb současně – distraktor d) zvolila též přibližně 4 % studentů.

Úloha odlišuje nejlepší studenty od ostatních a takřka nerozlišuje mezi těmito skupinami „ostatních“ (druhá až pátá pětina). Úloha je početní a zřejmě z toho důvodu se do ní většina studentů vůbec nepustila, z toho plyne i její vysoká obtížnost.

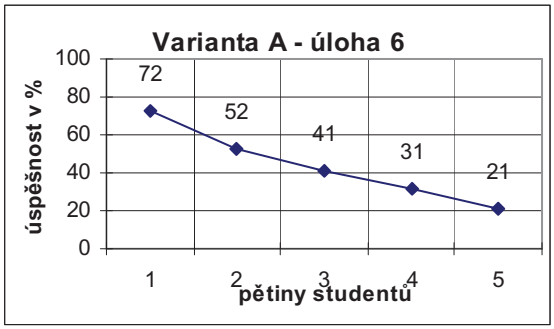
** - udává počet studentů, kteří úlohu řešili, ale dospěli k jinému výsledku, než uvádí všechny čtyři alternativy

6) Na obrázku jsou ve *V-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.



Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:

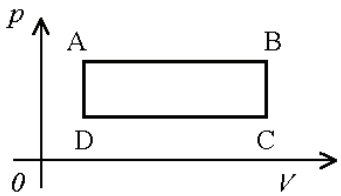
a) izotermickou kompresí
b) izobarickou kompresí
c) izobarickou expanzí
d) izochorickou kompresí



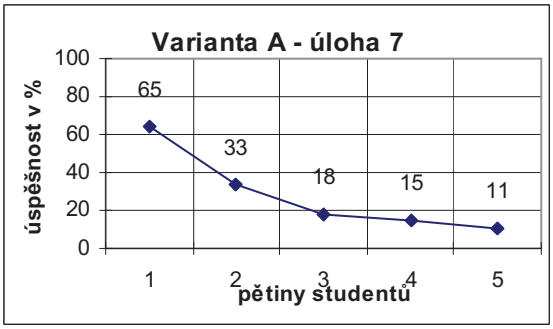
a	121	16,46
b*	320	43,54
c	191	25,99
d	94	12,79
9	9	1,22

Pro řešení úlohy bylo třeba znát nabízené pojmy a orientovat se v grafu. Obě tyto dovednosti úspěšně skloubilo 43,5 % studentů. Volba distraktoru c) může znamenat záměnu komprese a expanze nebo i nepozornost – záměnu bodů A a B. Distraktory d) a a) odpovídají volbě děje, v jehož názvu je veličina vynesená na osách grafu. Úloha je obtížnější než analogická úloha ve Variantě B a má i nižší citlivost.

7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně
c) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává



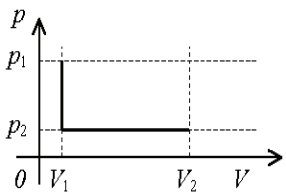
a	78	10,61
b	253	34,42
c	180	24,49
d*	209	28,44
9	15	2,04

Úloha zkoumá tepelné poměry při kruhovém ději s ideálním plynem. Tato problematika je pro studenty obtížná, což se odrazilo ve výsledcích – správných odpovědí bylo 28,4 %. Nejvíce studentů preferovalo distraktor b), který odpovídá představě „se vzrůstajícím tlakem dodávaného tepla“ a „s konstantním tlakem bez tepelné výměny“. Čtvrtina studentů se naopak domnívala, že teplo je třeba dodat pouze na zvětšení objemu a odebrat ke snížení objemu, a při změnách tlaku podle nich k tepelné výměně nedochází (distraktor c)).

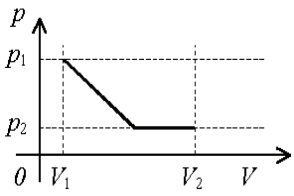
Úloha málo rozlišuje mezi slabšími skupinami studentů, což je dáno její vysokou obtížností.

8) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

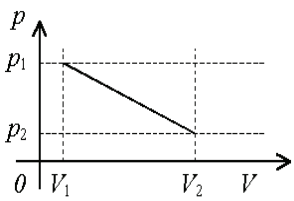
Graf 1:



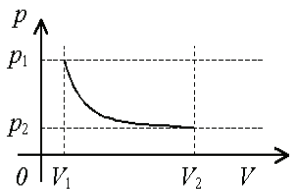
Graf 2:



Graf 3:

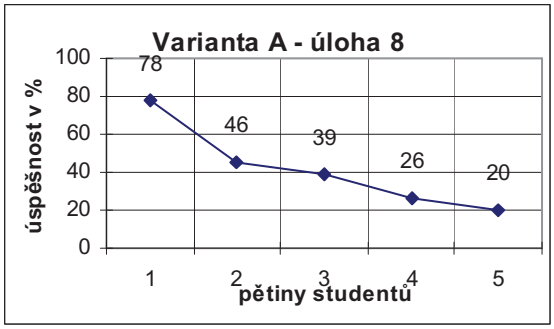


Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal největší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4



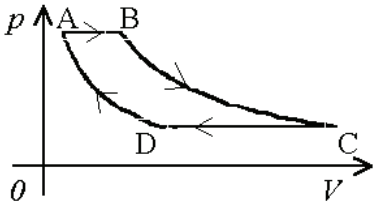
a	194	26,39
b	34	4,63
c*	306	41,63
d	188	25,58
9	13	1,77

Řešitelé si měli uvědomit, že práce vykonaná plynem při nějakém ději odpovídá obsahu plochy „pod grafem“ tohoto děje v p-V diagramu. Úloha nabízí čtyři jednoduché grafy, z nichž je na první pohled patrné, který „ohraničuje“ největší plochu.

Tento graf uvedený pod písmenem c) správně označilo 42 % studentů. Zajímavé je, že stejný počet testovaných - 26 % - volil varianty a) a d), zatímco alternativa b) nebyla příliš atraktivní (5 % odpovědí). Může to být dáno i tím, že s grafy typu a) a d) se spíše studenti setkávají v učebnicích nebo při řešení jednoduchých úloh.

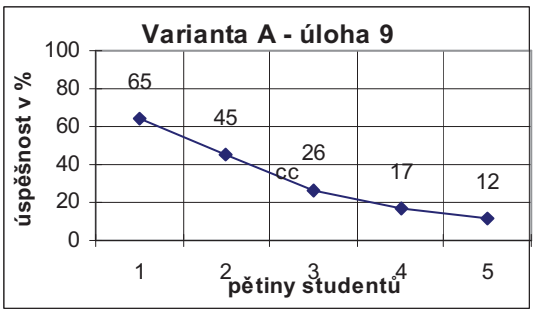
Citlivost úlohy je dobrá.

9) V p-V diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

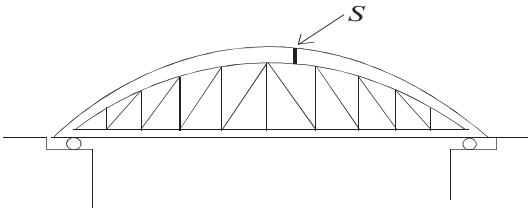
a) $T_A < T_B$, $T_B = T_C$
b) $T_A = T_B$, $T_B > T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_C = T_D$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$



a*	241	32,79
b	161	21,90
c	212	28,84
d	95	12,93
9	26	3,54

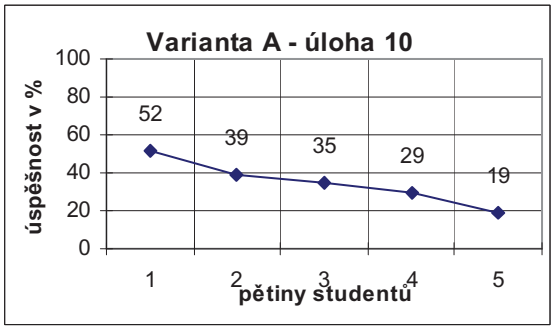
Po tepelných poměrech v úloze 7 se tato úloha zaměřila na teplotní poměry při kruhovém ději s ideálním plynem. Přestože je úspěšnost vyšší než v úloze 7, dvě třetiny studentů odpověděly nesprávně.

10) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou S.



V tomto místě řezu S je konstrukce namáhána hlavně:

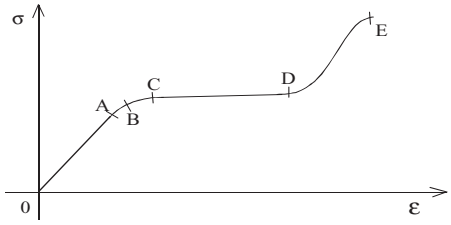
a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem



a*	256	34,83
b	141	19,18
c	323	43,95
d	13	1,77
9	2	0,27

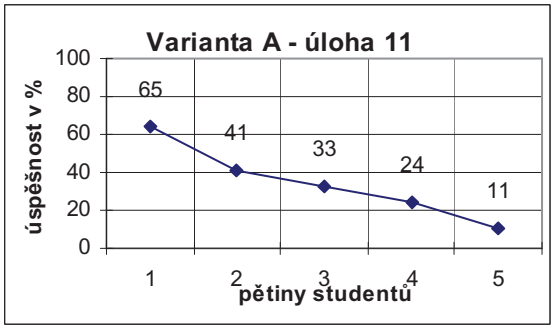
Studenti měli rozhodnout, jakým typem deformace (tlakem, tahem, ohybem, smykem) je namáhána konstrukce železničního mostu v místě řezu *S*. Správnou odpověď – tlakem - zvolilo 35 % studentů. Zdaleka nejčastější chybou byla volba „ohybem“ - rel. četnost 44 %. Studenti se nad problémem dostatečně nezamysleli, neuvědomili si, že v tomto případě nejde o deformaci jednoduchých konstrukcí (tyčí), které bývají jako příklady zmiňovány v literatuře.

11) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.



Rozhodněte, která část křivky vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

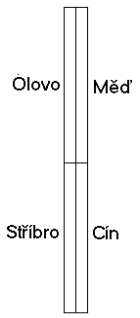
a) OA
b) OC
c) CD
d) OE



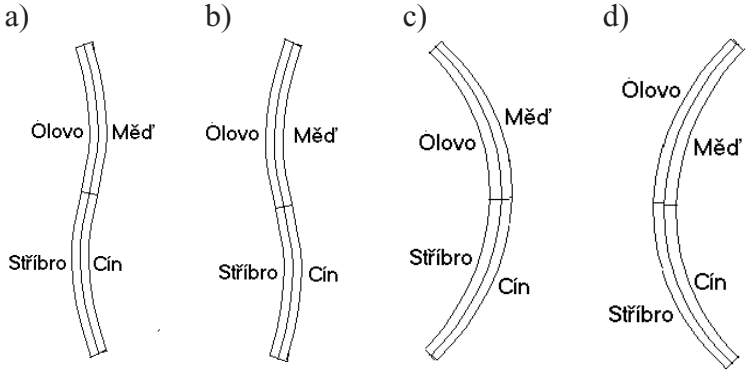
a*	254	34,56
b	132	17,96
c	128	17,41
d	190	25,85
9	31	4,22

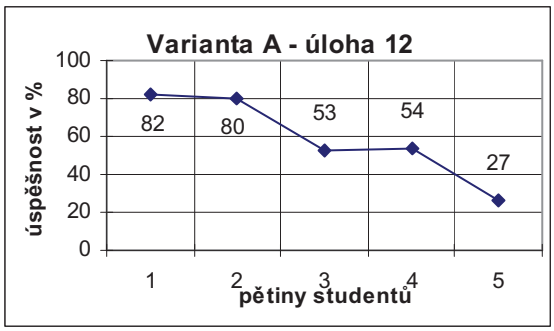
Z výsledků úlohy je vidět, že mnoho studentů nespojuje teoretický vztah pro Hookův zákon s grafem přímé úměrnosti. Toto usuzuji z nejčetnější chyby, která spočívá v tom, že čtvrtina studentů považovala za grafické vyjádření Hookova zákona celou křivku deformace (OE – rel. č. 25,9 %). Rel. č. správné odpovědi OA byla 34,6 %. Je tedy patrné, že mnoho studentů nevyužívá ve fyzice poznatků a dovedností získaných v matematice (graf přímé úměrnosti).

12) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – olova, mědi, stříbra a cínu (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?



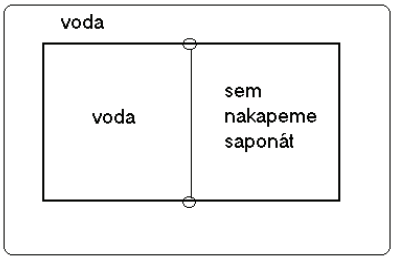


a	145	19,73
b*	433	58,91
c	72	9,80
d	78	10,61
9	7	0,95

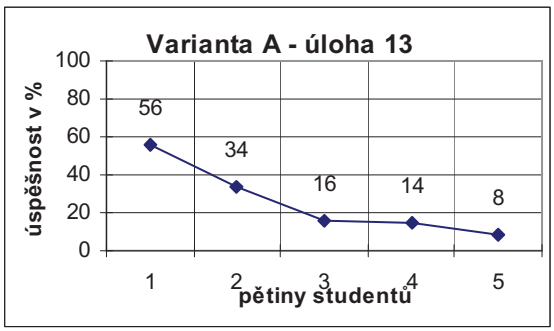
Studenti měli prokázat dovednost nalézt součinitele teplotní délkové roztažnosti uvedených kovů, a navíc si uvědomit tvar pásku po deformaci. Úspěšnost řešení činila 59 %.

K vyřešení této úlohy je třeba vyhledat některé údaje v tabulkách, v zadání jsou záměrně neuvedené. Katalog totiž také požaduje „rozhodnout, které informace jsou potřebné k vyřešení dané úlohy nebo problému a tyto informace vyhledat v odborné literatuře (zejména v matematických a fyzikálních tabulkách)“. Student by tedy měl být schopen rozhodnout, co má hledat a kde to má hledat.

13) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do pravé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}, povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
b) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
c) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.



a	153	20,82
b	169	22,99
c	214	29,12
d*	188	25,58
9	11	1,50

Úloha zjišťovala porozumění pojmům povrchová síla a povrchové napětí. Ukázalo se, že pro řešitele byla obtížná, všechny alternativy včetně správné odpovědi byly voleny přibližně rovnoměrně. Rozlišovací schopnost úlohy není příliš vysoká v oblasti slabších studentů.

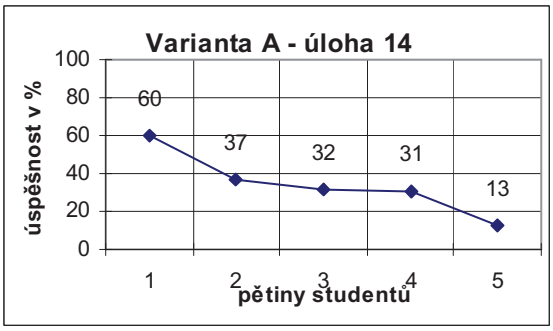
14) Čím je způsoben pokles hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární depresi?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu *S*. Protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*, působí na kapalinu v kapiláře vzduch větším tlakem než na hladinu kapaliny v širší části nádoby. Kapalina v kapiláře tedy sestoupí níže, než je hladina kapaliny v širší části nádoby .

b) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu *S*, působí na ni tedy malý tlak vzduchu *p*, protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*. Kapalina v kapiláře proto vytlačuje kapalinu v širší části nádoby vzhůru.

c) Kapalina v kapiláře má vypuklý povrch, pod kterým je vnitřní tlak větší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.

d) Ve výšce, kam sestoupí kapalina v kapiláře, je vyšší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s klesající výškou roste.



a	222	30,20
b	139	18,91
c*	253	34,42
d	70	9,52
9	51	6,94

Úloha se týká kapilárních jevů a zároveň zjišťuje, jestli studenti chápou rozdíl mezi veličinou „tlak“ a „tlaková síla“. Bohužel se ukázalo, že pro téměř polovinu studentů je problém tyto pojmy nezaměňovat (distraktory a) a b)).

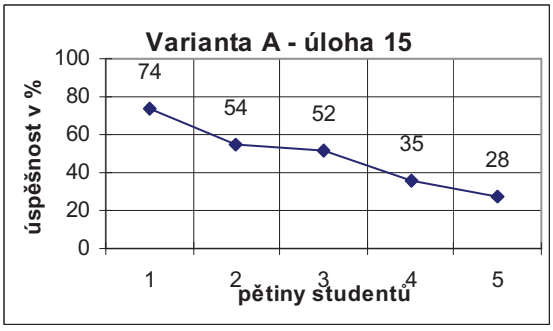
15) Těleso kapalného skupenství o teplotě tuhnutí ztuhlo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Vzrostla.

b) Klesla.

c) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.

d) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.

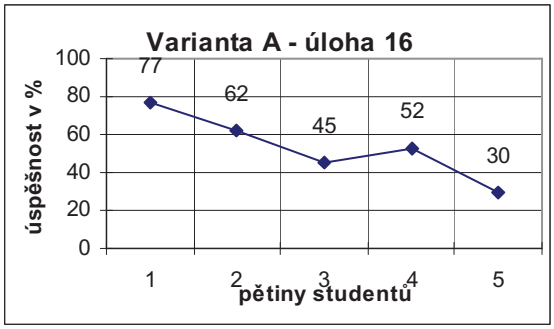


a	107	14,56
b*	358	48,71
c	187	25,44
d	73	9,93
9	10	1,36

Téměř polovina studentů se orientovala ve změně vnitřní energie při této změně skupenství. Čtvrtina řešitelů si spojila změnu vnitřní energie pouze se změnou teploty – distraktor c).

16) Může v zimě ubývat sněhu, i když je po celý den teplota vzduchu o mnoho nižší než 0 °C?

a) Ne, při takovéto teplotě tát nemůže a k sublimaci sněhu nedochází.
b) Ne, sněhu ubývá pouze když je jeho teplota vyšší než 0 °C.
c) Ano, ale pouze když svítí slunce, které dokáže zahřát vrchní vrstvu sněhu na teplotu tání.
d) Ano, sníh sice nemůže tát, ale sublimuje.

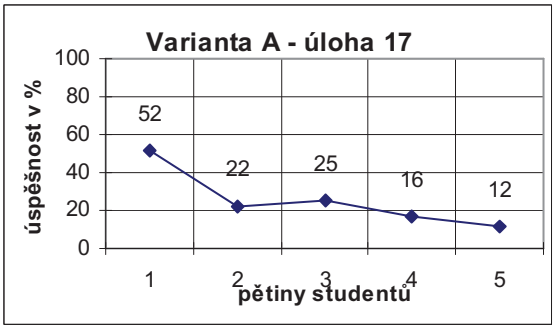


a	47	6,39
b	39	5,31
c	251	34,15
d*	391	53,20
9	7	0,95

Kromě přibližně 13 % studentů, kteří zvolili distraktory a) a b) nebo neodpověděli, všichni věděli, že sněhu ubývá, i když mrzne. 34 % řešitelů připouští pouze tání, mírně nadpoloviční většina studentů odpověděla správně, že sníh může též sublimovat.

17) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Snížíme teplotu této soustavy. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část páry zkondenzuje a výsledná pára přestane být sytá.
b) Klesne tlak syté páry.
c) Klesne teplota páry a pára přestane být sytá.
d) Protože se jedná o sytou páru, při snížení teploty veškerá pára zkondenzuje.



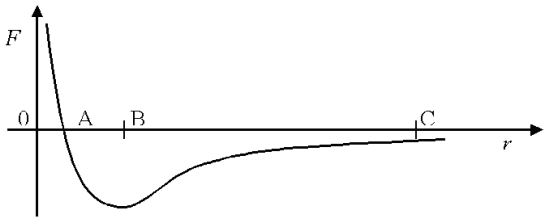
a	306	41,63
b*	187	25,44
c	103	14,01
d	126	17,14
9	13	1,77

Sytá pára je pro studenty obtížný pojem, nejvíce studentů volilo distraktor a), správně odpověděla čtvrtina studentů. Citlivost úlohy není příliš dobrá.

14.2.8 Položková analýza - popis výsledků úloh Varianty B

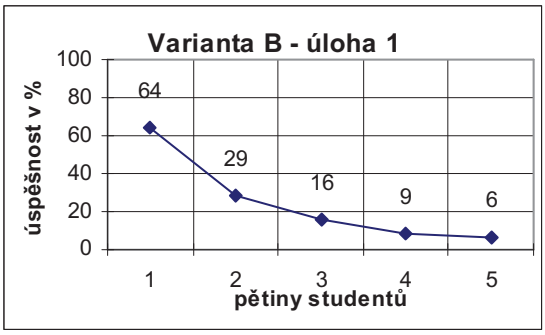
Tato kapitola je zpracována obdobně jako kapitola 14.2.6.

1) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0A c) BC d) 0B



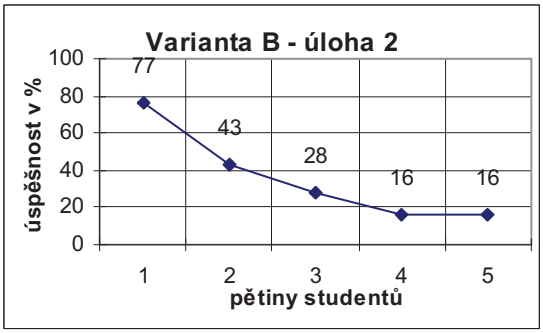
a*	171	24,50
b	89	12,75
c	317	45,42
d	97	13,90
9	24	3,44

Uvedení intervalu BC bylo nejčastější chybou (a nejčastější odpovědí vůbec) v úloze 1. Tito studenti nesprávně interpretovali jednotlivé části grafu, patrně je pro ně obtížné představit si, že v oblasti přitažlivých sil se využívá svislé osy záporně orientované pro znázornění velikosti přitažlivé síly (velikosti sil se kreslí pod osu *r)*. Pomineme-li tuto skutečnost, v oblasti BC křivka roste, což je nejspíše příčinou většiny nesprávných odpovědí.

Úloha vykázala větší obtížnost než analogická úloha ve Variantě A, má však lepší citlivost.

2) Skladník táhne po vodorovné podlaze smykem prázdnou bednu. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny i povrchu podlahy.
b) Bedna koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
c) Bedna se pohybuje, a proto dojde ke zvýšení její vnitřní energie; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
d) Dojde k zahřátí bedny i povrchu podlahy, protože si vzájemně předají teplo.



a*	250	35,82
b	126	18,05
c	86	12,32
d	231	33,09
9	5	0,72

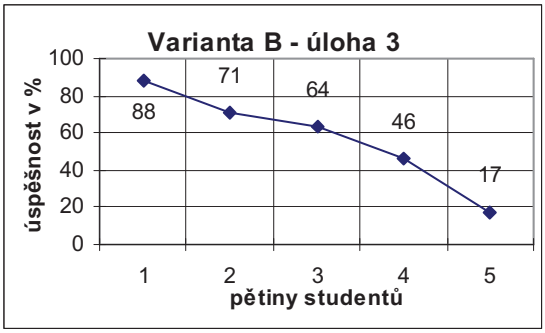
Úloha se týká vnitřní energie a její změny při konání práce, jejíž pochopení činí často studentům problémy, což se ve výsledcích odrazilo, správných odpovědí bylo o 5 % méně než v analogické úloze Varianty A.

To, že dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny i

povrchu podlahy - odpověď a) - správně uvedlo 36 % studentů. Nejméně studentů (12 %) se domnívalo, že dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny, zatímco podlahy nikoli (alternativa c). Třetina studentů zaměnila změnu vnitřní energie konáním práce s tepelnou výměnou. Obtížnost i citlivost úlohy se příliš neliší od úlohy 2A.

3) Představme si, že by mořská voda měla ještě mnohem větší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody
b) menší, protože ve dne by se voda pomaleji ohřívala a v noci pomaleji chladla. Proto by voda ve dne více ochlazovala okolní vzduch a v noci ho více ohřívala.
c) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
d) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch

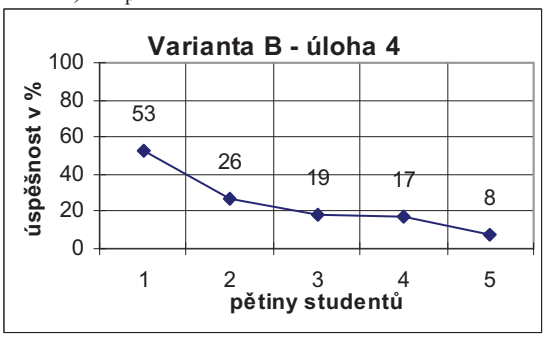


a	65	9,31
b*	398	57,02
c	103	14,76
d	120	17,19
9	12	1,72

Stejně jako ve Variantě A úloha zkoumá, zda si studenti uvědomují velkou měrnou tepelnou kapacitu vody a zda si uvědomují vliv této skutečnosti na podnebí. Nadpoloviční většina studentů odpověděla správně, nejméně studentů považovalo za správný distraktor a) – na rozdíl od Varianty A pouze 9,31 % studentů se domnívalo, že měrná tepelná kapacita vody nemá vliv na teplotu okolního vzduchu. Distraktory c) a d) byly voleny přibližně rovnoměrně.
Obtížnost úlohy je nižší než úlohy 3A, citlivost je zvláště v oblasti krajních skupin o něco lepší.

4) Pro potenciální energii E_p molekul ideálního plynu a celkovou kinetickou energii E_K těchto molekul platí:

a) $0 < E_p < E_K$
b) $E_p > 0$
c) $E_p > E_K$
d) $E_p = 0$



a	262	37,54
b	83	11,89
c	169	24,21
d*	171	24,50
9	13	1,86

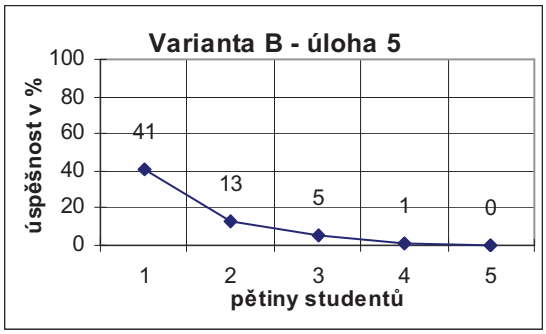
Odpověď na danou otázku si lze pamatovat jako poučku z učebnice, lze ji však také odvodit z jiných vlastností ideálního plynu. Obě možnosti však byly zřejmě pro studenty poměrně obtížné, protože správně odpověděla jen čtvrtina z nich.

Nejčetněji volený distraktor byl a), což může poukazovat na záměnu ideálního plynu s reálnými plyny za normálních podmínek.

Citlivost úlohy není příliš dobrá, což je dáno pravděpodobně především její obtížností.

5) V nádobě o objemu 15 litrů je kyslík O_2 o teplotě 35 °C a tlaku 1,6 · 10^5 Pa. Jaká je jeho hmotnost? Kyslík považujte za ideální plyn.

a) 264 g b) 264 kg c) 30 g d) 30 kg

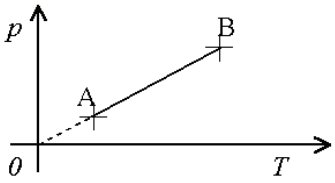


a	31	4,44
b	15	2,15
c*	83	11,89
d	64	9,17
9	480	68,77
8**	25	3,58

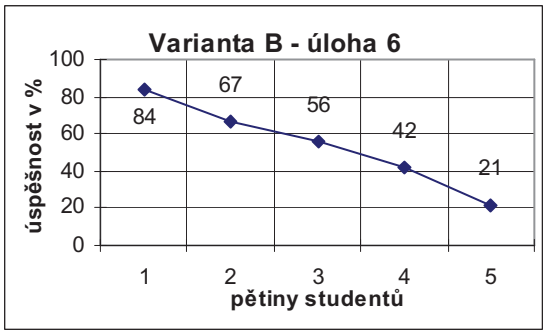
Úloha vyžadovala výpočet ze stavové rovnice ideálního plynu. Většině studentů se počítat nechtělo, což se odrazilo v počtu vynechaných odpovědí – stejně jako ve Variantě A téměř 69 %. Z této skutečnosti také vyplývá vysoká obtížnost úlohy a nízká citlivost. Správnou odpověď uvedlo a nejčastějších chyb – záměny Celsiovy a termodynamické teploty (distraktor a)) a záměny molární hmotnosti a relativní molekulové hmotnosti (distraktor d)) se dopustil takřka stejný relativní počet studentů jako ve Variantě A. Výjimku tvoří distraktor b) – oba výše uvedené chybné postupy současně použilo 2,15 % studentů (ve Variantě A 3,95 %).

** - udává počet studentů, kteří úlohu řešili, ale dospěli k jinému výsledku, než uvádí všechny čtyři alternativy

6) Na obrázku jsou v *p-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B. Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:



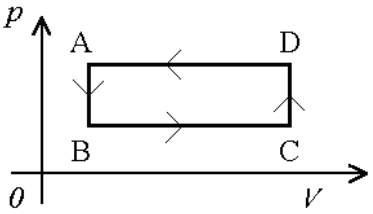
a) izobarickým zvětšením objemu plynu
b) izobarickým zvýšením teploty plynu
c) izotermickým zvýšením tlaku plynu
d) izochorickým zvýšením teploty plynu



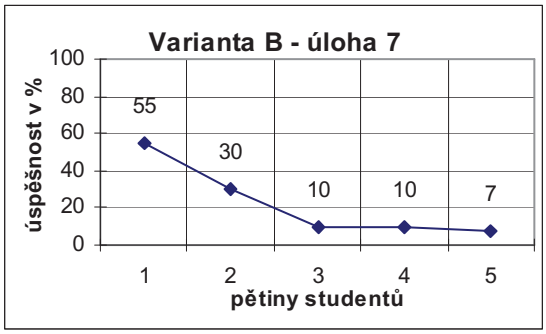
a	65	9,31
b	116	16,62
c	131	18,77
d*	378	54,15
9	8	1,15

Stejně jako v analogické úloze ve Variantě A úloha vyžaduje orientovat se v grafu znázorňujícím jednoduchý děj s ideálním plynem a umět tento děj pojmenovat. Úloha je středně obtížná (54 % studentů ji vyřešilo správně) a má lepší citlivost než úloha 6A.

7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) AB, DA - odevzdává, BC, CD - přijímá
c) AB - odevzdává, CD - přijímá, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) DA - odevzdává, BC - přijímá, AB, CD - nedochází k tepelné výměně



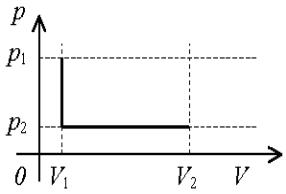
a	86	12,32
b*	156	22,35
c	283	40,54
d	161	23,07
9	12	1,72

Stejně jako ve Variantě A testu tato úloha zkoumá tepelné poměry při kruhovém ději s ideálním plynem. Oproti Variantě A správných odpovědí bylo o něco méně – 22,4 %. Stejně jako ve Variantě A nejvíce studentů zvolilo distraktor c), který odpovídá představě „se vzrůstajícím tlakem dodávaného tepla“ a „s konstantním tlakem bez tepelné výměny“. Taktéž podobně jako v úloze 7A necelá čtvrtina studentů se domnívala, že teplo je třeba dodat pouze na zvětšení objemu a odebrat ke snížení objemu, a při změnách tlaku podle nich k tepelné výměně nedochází (distraktor c)).

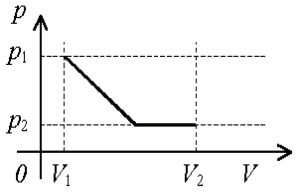
Úloha málo rozlišuje mezi slabšími skupinami studentů, což je dáno její vysokou obtížností.

8) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

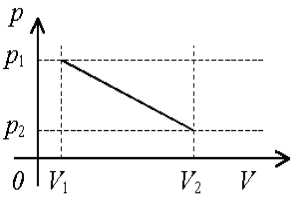
Graf 1:



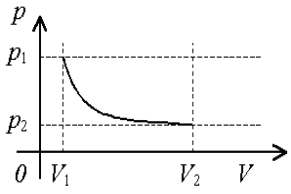
Graf 2:



Graf 3:



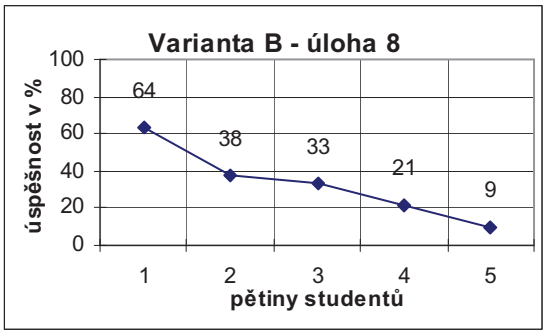
Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal nejmenší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

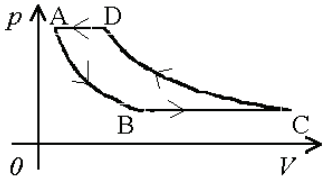
K řešení úlohy je třeba si uvědomit, že práce vykonaná ideálním plynem je číselně vyjádřena plochou „pod grafem“ příslušného děje v *p-V* diagramu. Nízká četnost volby distraktoru



a*	230	32,95
b	43	6,16
c	261	37,39
d	154	22,06
9	10	1,43

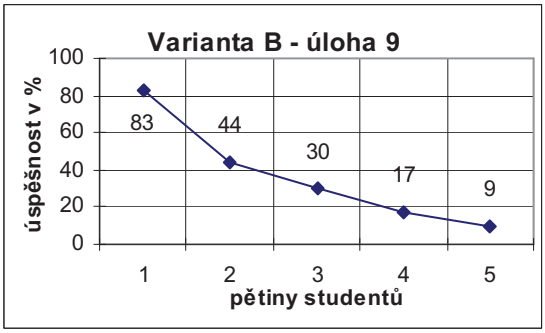
b) pravděpodobně souvisí s tím, že grafy tohoto typu se v učebnicích či sbírkách příliš nevyskytují. Vysoká četnost volby distraktoru c) může souviset s nepozorností ve smyslu záměny *nejmenší* vykonané práce za *největší* vykonanou práci.

9) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

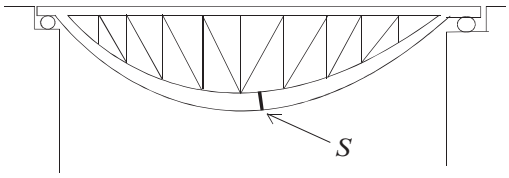
a) $T_A = T_D$, $T_B = T_C$
b) $T_A > T_B$, $T_B = T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_B < T_C$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$



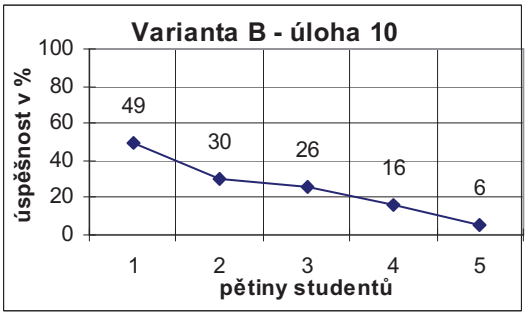
a	190	27,22
b	137	19,63
c*	255	36,53
d	93	13,32
9	23	3,30

Úloha o teplotních poměrech při kruhovém ději s ideálním plynem složeném ze dvou izobar a dvou izoterm byla pro studenty o něco snazší než úloha o tepelných poměrech (č. 7). Nejčetněji volený distraktor a) odpovídá představě, že při konstantním tlaku (ve „stejné výšce“ v *p-V* diagramu) se teplota plynu nemění. Úloha velice dobře rozlišuje mezi studenty různých úrovní.

10) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*. V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:



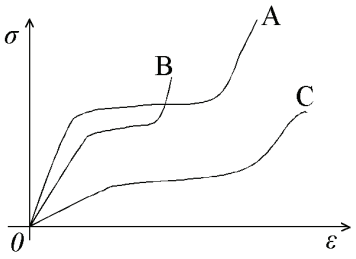
a) ohybem
b) smykem
c) tlakem
d) tahem



a	261	37,39
b	14	2,01
c	246	35,24
d*	176	25,21
9	1	0,14

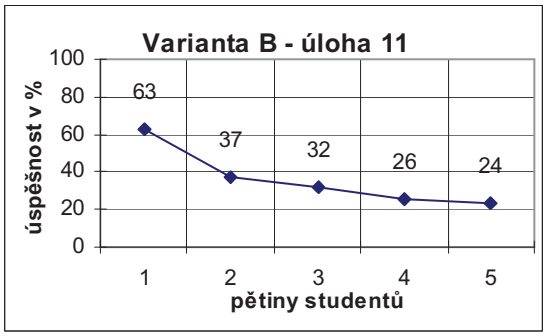
Úloha byla obtížnější než úloha 10A, správnou odpověď – tahem - zvolila pouze jedna čtvrtina studentů. Stejně jako ve Variantě A nejčastější chybou byla volba „ohybem“ - rel. č. 37 %. Přes vyšší obtížnost je citlivost úlohy lepší než u úlohy 10A.

11) Na obrázku je křivka deformace tahem (závislost normálového napětí σ na relativním prodloužení ε) pro dráty ze tří různých materiálů A, B, C.



Který drát je vyroben z materiálu o nejmenším modulu pružnosti v tahu?

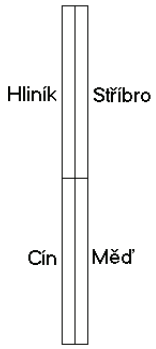
a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) na základě tohoto grafu nelze rozhodnout



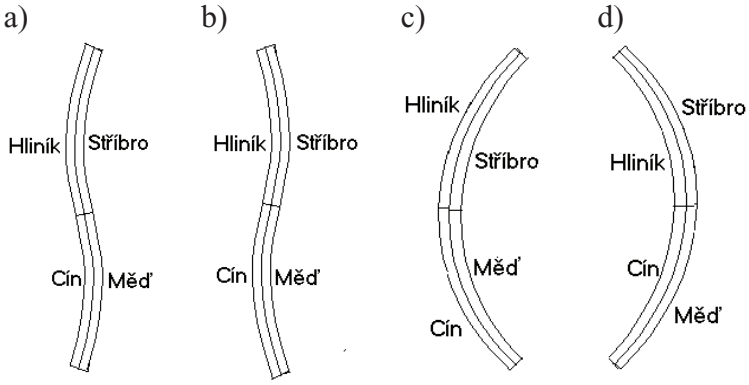
a	91	13,04
b	246	35,24
c*	253	36,25
d	91	13,04
9	17	2,44

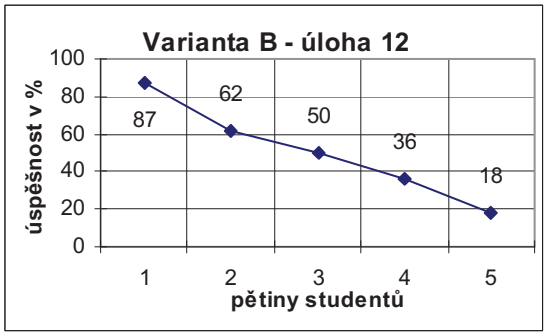
Ve výsledcích je zajímavá shoda v četnostech volby alternativ b) a c) a distraktorů a) a d). Úloha je středně obtížná (Q = 63,75 %), špatně však rozlišuje mezi slabšími skupinami studentů.

12) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – hliníku, stříbra, cínu a mědi (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?

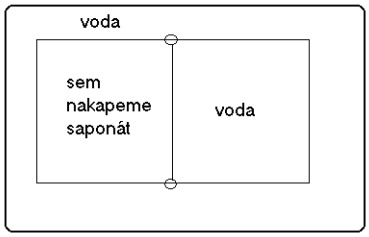




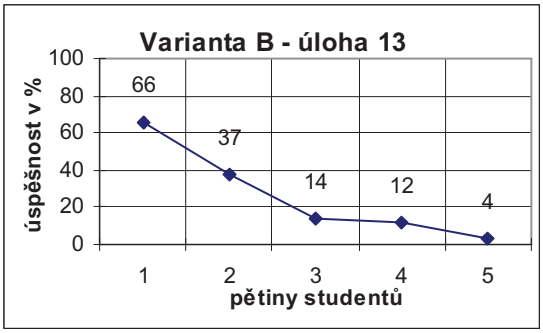
a	82	11,75
b	134	19,20
c*	353	50,57
d	115	16,48
9	14	2,01

Úloha analogická úloze 12A, četnost správných odpovědí v obou úlohách je srovnatelný. Citlivost úlohy je velmi dobrá.

13) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do levé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}, povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
b) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
c) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

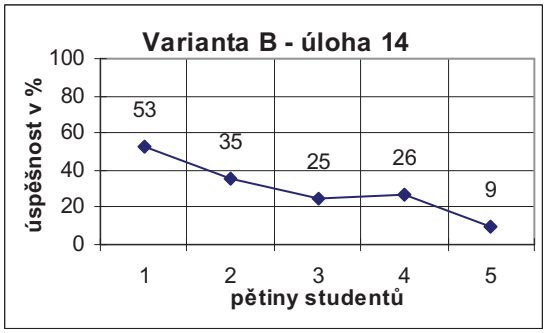


a*	185	26,50
b	228	32,66
c	114	16,33
d	158	22,64
9	13	1,86

Rozptyl volby jednotlivých alternativ je větší než v úloze 13A, stejně jako ve Variantě A je rozlišovací schopnost nízká v oblasti slabších studentů.

14) Čím je způsoben vzestup hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární elevaci?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu S, proto na ni působí velice malá tlaková síla vzduchu $F = pS$, vystoupí tedy výše než je hladina kapaliny v širší části nádoby.
b) Kapalina v kapiláře má dutý povrch, pod kterým je vnitřní tlak nižší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
c) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu S, působí na ni tedy velká tlaková síla vzduchu $F = pS$, proto vytlačuje kapalinu v kapiláře vzhůru.
d) Ve výšce, kam vystoupí kapalina v kapiláře, je nižší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s rostoucí výškou klesá.

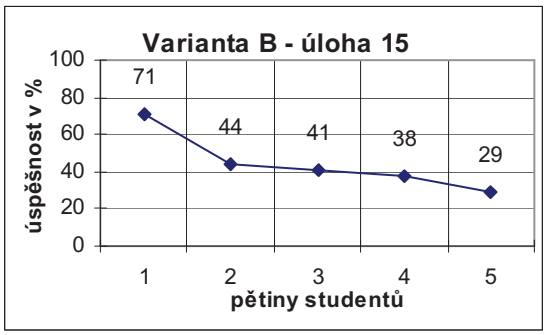


a	150	21,49
b*	207	29,66
c	246	35,24
d	67	9,60
9	28	4,01

Veličiny tlak a tlaková síla pravděpodobně zaměnila stejně jako v A přibližně polovina studentů (distraktory a) a c)). Distraktor d) hovořící o atmosférickém tlaku byl volen stejně jako ve Variantě A, úspěšnost úlohy byla přibližně o 5 % nižší.

15) Těleso pevného skupenství o teplotě tání roztálo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.
b) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
c) Klesla.
d) Vzrostla.

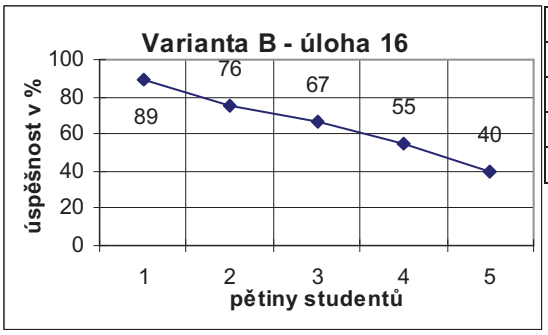


a	69	9,89
b	168	24,07
c	137	19,63
d*	310	44,41
9	14	2,01

Volba jednotlivých alternativ byla přibližně stejná jako v analogické úloze ve Variantě A.

16) Je nebo není možné a proč, aby venku uschlo vyprané prádlo, pokud je teplota vzduchu nižší než 0 °C?

a) Není to možné. Aby prádlo uschlo, voda se musí vypařit, a to není možné, protože zmrzne.
b) Je to možné. Voda obsažená v prádle sice zmrzne, ale vzniklý led sublimuje.
c) Není to možné. Voda zmrzne v led a led nesublimuje.
d) Je to možné, ale pouze pokud je dobře vyždímané, a tedy je v něm málo vody – ta se stačí vypařit dříve, než by mohla zmrznout.

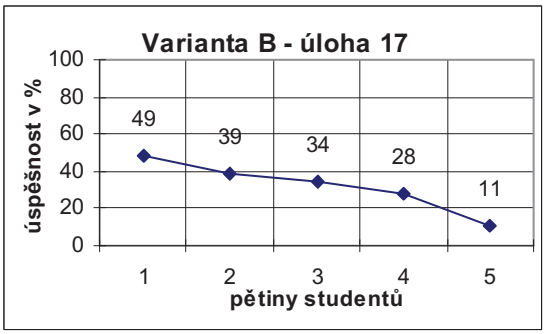


a	87	12,46
b*	456	65,33
c	49	7,02
d	100	14,33
9	6	0,86

Úloha byla úspěšně řešena více než 65 % studentů (oproti úloze o sublimaci ve Variantě A – úspěšnost 53 %). Citlivost této úlohy je lepší než úlohy 16A. Stejně jako ve Variantě A nejméně studentů nepřipouští sublimaci ledu (sněhu).

17) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Izotermicky zvětšíme objem nádoby. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část kapaliny se vypaří a pára nad kapalinou zůstane sytá.
b) Pára zvětší svůj objem a přestane být sytou.
c) Pára se ochladí a část jí zkondenzuje.
d) Sníží se tlak syté páry.



a*	223	31,95
b	194	27,79
c	85	12,18
d	179	25,64
9	17	2,44

Obtížnost úlohy je nižší než úlohy 17A, citlivost této úlohy je mírně lepší.

15 Závěry ze statistického zpracování výsledků testů

Komentář ke statistickému zpracování je uveden v příslušných kapitolách přímo u dotyčných tabulek a grafů. V této kapitole jsou shrnuty spíše obecnější závěry plynoucí z výsledků závěrečného testu.

Jak již bylo uvedeno dříve, závěrečný test byl sestaven z vybraných úloh dílčích testů a posloužil jako výzkumný nástroj k realizaci „Výzkumu fyzikálního vzdělávání na gymnáziích v České republice“, který byl podpořen grantem 975/2005 Fondu rozvoje vysokých škol.

Tento výzkum ukázal některé nedostatky ve fyzikálních vědomostech a dovednostech studentů gymnázií, z nichž ty nejčastější jsou uvedeny v následující podkapitole 15.1. Zároveň z výzkumu vyplynula některá doporučení pro tvorbu školních vzdělávacích programů uvedená v podkapitole 15.2.

15.1 Vybrané nedostatky ve fyzikálních vědomostech a dovednostech studentů gymnázií

Výzkum realizovaný testem „Molekulová fyzika a termika“ ukázal jisté nedostatky ve fyzikálních vědomostech či dovednostech studentů gymnázií. Některé jsou konkrétnější, jiné obecnějšího charakteru. Stručný popis nejčastějších nedostatků, kterých se studenti dopouštějí a na jejichž odstraňování by bylo třeba se zaměřit, je následující:

- práce s grafy: mnoho studentů nemá dostatek fyzikálních a matematických poznatků spojených s grafy, nepoužívá ve fyzice poznatky o grafech získané v matematice - např. za graf přímé úměrnosti označí graf evidentně nelineární závislosti (např. křivka deformace);
- práce s fyzikálními tabulkami: studenti se obtížně orientují ve fyzikálních tabulkách, neúnosně dlouho jim trvá vyhledávání konkrétního údaje, např. materiálové konstanty;
- pojem změny vnitřní energie: studentům působí problémy rozlišit změnu vnitřní energie tělesa tepelnou výměnou a konáním práce; mnoho studentů předpokládá, že „změna vnitřní energie = změna teploty“ a že ke zvýšení teploty tělesa může dojít pouze tepelnou výměnou;
- záměna veličin: studenti zaměňují relativní molekulovou hmotnost za molární hmotnost, termodynamickou teplotu za Celsiovu teplotu a naopak (což pak způsobuje chyby při používání stavové rovnice ideálního plynu nebo při výpočtu účinnosti tepelného stroje), povrchové napětí a povrchovou sílu, nerozlišují mezi tlakem a tlakovou silou;
- kruhový děj a tepelné poměry při něm: mnoho studentů nedokáže interpretovat chování plynu při jednoduchých kruhových dějích znázorněných v p-V diagramu;
- deformace těles v praxi: studenti nedokáží určit typ deformace při namáhání materiálu v praktických jednoduchých případech, je zde zřejmá souvislost s dovedností vektorově rozložit (složit) síly působící na těleso;
- sytá pára: problémy studentům působí chování syté páry (její vlastnosti) nad kapalinou při jednoduchých dějích v uzavřené soustavě (zahřívání soustavy kapalina – pára, změna objemu této soustavy).

15.2 Doporučení pro tvorbu školních vzdělávacích programů

V Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (dále jen RVP) [32] je ve vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“ - vzdělávacím oboru „Fyzika“ uvedena také část „Stavba a vlastnosti látek“. Očekávané výstupy a učivo k tomuto tématu jsou uvedeny v Příloze 2.

Na základě pilotní verze RVP vypracovávalo ve školním roce 2005/2006 16 gymnázií v České republice Školní vzdělávací program (dále jen ŠVP). Tímto procesem v současné době procházejí všechna gymnázia. Níže jsou uvedeny některé konkrétní očekávané výstupy, které vyplynuly ze závěrů testování a které by bylo vhodné zařadit do ŠVP s ohledem na obecné požadavky RVP.

Žák umí:

- interpretovat graf závislosti velikosti výsledné síly působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti;
- v jednoduchých případech rozhodnout, zda se mění vnitřní energie tělesa (soustavy) v důsledku konání práce nebo tepelné výměny;
- určit vliv vody na své okolí vzhledem k její velké měrné tepelné kapacitě;
- orientovat se v *p-V*, *p-T* a *V-T* diagramech a interpretovat je pro jednoduché tepelné děje s ideálním plynem;
- popsat jednotlivé tepelné děje při kruhovém ději s ideálním plynem složeném z jednoduchých dějů (izotermického, izobarického, izochorického, adiabatického), tzn. určit, kdy plyn přijímá nebo odevzdává teplo a kdy nedochází k tepelné výměně, určit, jak se při těchto dějích mění teplota plynu;
- interpretovat obsah plochy „pod grafem“ v *p-V* diagramu děje s ideálním plynem;
- rozpoznat druh jednoduché deformace (ohyb, tlak, tah, smyk, kroucení) při konkrétní deformaci pevného tělesa;
- z křivky deformace určit mez pružnosti a mez pevnosti daného materiálu a oblast hodnot normálových napětí odpovídajících pružné deformaci popsané Hookovým zákonem;
- předpovědět na základě známých hodnot součinitelů teplotní délkové roztažnosti pro dané látky tvar bimetalového pásku složeného z těchto látek po tepelné deformaci;
- předpovědět chování tělesa na rozhraní hladin dvou kapalin s různými povrchovými napětími (např. směr pohybu špendlíku položeného na hladině na rozhraní čisté vody a saponátu);
- vysvětlit příčinu kapilárních jevů a uvést jejich uplatnění v praxi;
- kvalitativně i kvantitativně určit změnu vnitřní energie tělesa při změně jeho skupenství.

Závěr

V této disertační práci je popsána tvorba didaktického testu, ověřování a statistické zpracování výsledků testu. Jsou zmíněny některé světové výzkumy, ve kterých se používá testových úloh ke zjišťování výsledků fyzikálního vzdělávání a tuzemské i zahraniční testy a sbírky testových úloh z fyziky pro střední školy.

Hlavním výsledkem této práce jsou sestavené a ověřené testy z molekulové fyziky a termiky pro studenty gymnázia. Práce obsahuje celkem pět didaktických testů, každý ve dvou variantách pro praktické použití ve škole. První test ověřuje vědomosti a dovednosti ze základních poznatků z molekulové fyziky a termiky a z poznatků o vnitřní energii, práci a teple, druhý test je zaměřen na plyny, třetí test obsahuje úlohy o struktuře a vlastnostech pevných látek a kapalin a tématem čtvrtého testu jsou změny skupenství látek. Tyto testy byly ověřeny na vzorcích čítajících 200 – 660 studentů (pro obě varianty testu) z vybraných pražských a středočeských gymnázií. Pátý test je shrnující, sestavený převážně z vybraných úloh předchozích testů, a pokrývá tak celé učivo molekulové fyziky a termiky na gymnáziu. Tento test byl ověřen v rámci řešení projektu 975/2005 FRVŠ „Výzkum fyzikálního vzdělávání na gymnáziích v České republice“. Test byl ověřen na více než 1400 studentech z reprezentativního vzorku gymnázií z celé České republiky.

Všechny testy obsahují uzavřené úlohy vyžadujících však většinou použití vyšších myšlenkových operací než jen zapamatování. Až na několik výjimek nejsou úlohy početní. Zadání úloh je v souladu s požadavky aktuální verze Rámcových vzdělávacích programů pro gymnázia i s požadavky připravované nové podoby maturitní zkoušky.

Práce obsahuje vedle samotného zadání testů též jejich popis a řešení a testovou příčku, uvedené testy tedy lze použít ve školní praxi.

V úvodu jsou stanoveny hypotézy týkající se výsledků testů. Po zpracování těchto výsledků lze rozhodnout o jejich přijetí či nepřijetí.

Hypotézu H_1 nezamítáme, kromě jedné varianty u prvních dvou testů a závěrečného testu vykazovaly výsledky ostatních testů normální rozdělení. Taktéž hypotézu H_2 můžeme přijmout. Aritmetické průměry hrubých skóre obou variant testu „Změny skupenství“ jsou vyšší než tyto průměry pro test „Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo“ a 95 % interval spolehlivosti pro aritmetický průměr výsledků testu „Změny skupenství“ nemá žádný společný bod se stejným intervalem pro test „Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo“. Můžeme přijmout i hypotézu H_3, ze všech úloh požadujících interpretaci grafu vykazuje pouze jedna (úloha 6 ve variantě B závěrečného testu) úspěšnost jen mírně vyšší než 50 %. Více jsou chyby popsány u příslušných úloh v částech 14.2.7 a 14.2.8. Hypotézu H_4 je třeba odmítnout, úlohy týkající se sublimece a desublimace většina studentů řešila správně.

Vybrané úlohy byly poskytnuty Centru pro zjišťování výsledků vzdělávání (CERMAT) jako náměty do sestavované banky úloh. Již v současné době jsou testy používány mnoha učiteli fyziky, kteří spolupracovali na výzkumu. O některých závěrech bylo referováno na konferencích s účastí učitelů z praxe (viz [37], [38], [39], [40]), z nichž někteří projevili o testy zájem a dnes je také používají ve výuce.

Literatura

[1] Byčkovský P. (1984): Základy měření výsledků výuky: Tvorba didaktického testu. Výzkumný ústav inženýrského studia ČVUT, Praha.

[2] Chráska M. (1999): Didaktické testy. Paido, Brno.

[3] Půlpán Z. (1991): Základy sestavování a klasického vyhodnocování didaktických testů. Kotva, Hradec Králové.

[4] Hrabal V., Lustigová Z., Valentová L. (1994): Testy a testování ve škole. Středisko vědeckých informací Pedagogické fakulty UK, Praha.

[5] Fenclová J. (1982): Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky. SPN, Praha.

[6] Hniličková J., Josífko M., Tuček A. (1972): Didaktické testy a jejich statistické zpracování. SPN, Praha.

[7] Mužić V. (1971): Testy vědomostí. SPN, Praha.

[8] Gavora P. (2000): Úvod do pedagogického výzkumu. Paido, Brno.

[9] Ferjenčík J. (2000): Úvod do metodologie psychologického výzkumu. Portál, Praha.

[10] Kekule T. (2003): Testové úlohy z molekulové fyziky a termiky. Diplomová práce. MFF UK, Praha.

[11] Burjan V. (2004): Postup tvorby školského testu: teória, prax, problémy. Studijní materiál pro seminář „Konstrukce a analýza didaktických testů při přijímacích zkouškách na UK“, PedF UK Praha.

[12] Anděl J. (2003): Statistické metody. Matfyzpress, Praha.

[13] Hendl J. (2004): Přehled statistických metod zpracování dat. Portál, Praha.

[14] Zvára K., Štěpán J. (2001): Pravděpodobnost a matematická statistika. Matfyzpress, Praha.

[15] Palečková J., Tomášek V., Straková E. (1999): Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání – test z matematiky a fyziky pro středoškoláky. ÚIV, Tauris, Praha.

[16] Straková J., Kašpárková L. (1999): Matematická a přírodovědná gramotnost v třetím mezinárodním výzkumu matematického a přírodovědného vzdělávání. ÚIV, Tauris, Praha.

[17] CERMAT (2000): Koncepční záměr reformy maturitní zkoušky. ÚIV, Tauris, Praha.

[18] CERMAT (2000): Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky v roce 2004 – Fyzika. ÚIV, Tauris, Praha.

[19] http://www.cermat.cz/katalogy. cit. 3. 11. 2007

[20] Macháček M. (2001): Fyzika – sbírka úloh pro společnou část maturitní zkoušky. ÚIV, Tauris, Praha.

[21] Lepil O., Široká M. (2001): Sbírka testových úloh k maturitě z fyziky. Prometheus, Praha.

[22] Široká M., Bednařík M., Ordelt S. (2004): Testy ze středoškolské fyziky. Prometheus, Praha.

[23] Salach S., Plazak T., Sanok Z. (2003): 500 testových úloh z fyziky pro studenty středních škol. Přeložila R. Kolářová. Prometheus, Praha.

[24] Lank V., Vondra M. (1997): Testy z přírodních věd v kostce pro střední školy (část fyzika). Fragment, Havlíčkův Brod.

[25] Abiturprüfung 2000 – Physik – zadání maturitní zkoušky z fyziky ve spolkové zemi Bavorsko v roce 2000

[26] Egzamin maturalny z fizyki z astronomią - zadání maturitní zkoušky z fyziky v Polsku v roce 2002
[27] Balatková E. (1996): Diagnostika fyzikálních vědomostí z učiva na gymnáziu. Diplomová práce. MFF UK, Praha.
[28] Bartuška K., Svoboda E. (2002): Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika. Prometheus, Praha.
[29] ÚIV (1999): Měření vědomostí a dovedností: Nová koncepce hodnocení žáků. Tauris, Praha.
[30] Palečková J., Mandíková D. (2003): Netradiční přírodovědné úlohy. ÚIV, Tauris, Praha.
[31] Mikulčák J. a kol. (1989): Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy. SPN, Praha.
[32] http://www.vuppraha.cz/soubory/RVPG-2007-07_final.pdf, cit. 3.11. 2007
[33] Allen M.J., Yen W.M. (2002): Introduction to Measurement Theory. Waveland Press, Prospect Heights, Illinois.
[34] Svoboda E., Kolářová R. (2006): Didaktika fyziky základní a střední školy – vybrané kapitoly. Karolinum, Praha.
[35] Kolářová R. a kol. (2004): Zpráva pracovní skupiny k úkolu č. 6 (Stanovování predikční validity didaktických testů používaných při přijímacích zkouškách na UK) rozvojového a transformačního grantu č. 362 „Konstrukce a analýza didaktických testů“, Praha.
[36] http://www.statsoft.cz/page/index2.php?produkty_overview, cit. 3.11. 2007
[37] Kekule, T. (2005): Jakou mají studenti gymnázia představu o některých jevech a pojmech molekulové fyziky a termiky. In Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2, Rámcové vzdělávací programy. Západočeská univerzita, Plzeň.
[38] Kekule, T. (2005): Některé výsledky výzkumu fyzikálních vědomostí studentů gymnázií v České republice. In Projekty v teorii a praxi vyučování fyzice. Univerzita Palackého, Olomouc.
[39] Kekule, T. (2005): Didaktické testy z fyziky pro studenty gymnázia. In Aktuální problémy pedagogiky ve výzkumech studentů doktorských studijních programů III. Votobia, Olomouc.
[40] Kekule, T. (2006): Výzkum fyzikálního vzdělávání na gymnáziích v České republice. In Učiteľ prírodovedných predmetov na začiatku 21. storočia. Prešovská univerzita, Prešov.

Přílohy

Příloha 1: Katalog požadavků k maturitní zkoušce z fyziky – výňatek

Příloha 2: Očekávané výstupy a učivo vzdělávací oblasti Člověk a příroda, vzdělávacího oboru Fyzika – výňatek

Příloha 3: Soubor všech testů

Příloha 1

Katalog požadavků k maturitní zkoušce z fyziky - výňatek

Očekávané znalosti a dovednosti (cílové kompetence)

Očekávané znalosti a dovednosti, které budou ověřovány maturitní zkouškou zadávanou MŠMT a které jsou obsahem požadavků tohoto katalogu, lze rozdělit do tří kategorií.

Znalost s porozuměním

Žák dovede:

- vysvětlit fyzikální poznatek (fyzikální data, informace, zákony, definice, pojmy, teorie, metody)
- analyzovat fyzikální fakta a rozpoznat jejich příčiny (průběh fyzikálního děje, fyzikální jev, stav tělesa nebo soustavy apod.), porovnat a uspořádat je podle určitého kritéria, určit vztahy mezi nimi
- popsat a interpretovat matematický vztah mezi fyzikálními veličinami, zapsat matematický vztah na základě slovního vyjádření
- vysvětlit význam vybraných fyzikálních a materiálových konstant

Aplikace znalostí a řešení problémů

Žák dovede:

- řešit různými metodami přiměřeně obtížné fyzikální úlohy a problémy, s nimiž se setká při studiu i v běžném životě a technické praxi
- řešit fyzikální úlohy formálně správně (obecné řešení, číselné řešení, zápis jednotek, správné zaokrouhlování výsledku)
- odhadnout výsledek řešení úlohy
- vysvětlit význam fyzikálního poznatku pro praxi (zvl. v kontextu běžného života, techniky, bezpečného zacházení s technickými zařízeními a ochrany životního prostředí)
- vysvětlit fyzikální principy činnosti vybraných technických zařízení
- vytvářet fyzikální model reálné situace (zjednodušovat, charakterizovat fyzikálními veličinami, rozlišit podstatné vlastnosti od nepodstatných, rozlišit proměnné veličiny a stálé parametry, vybrat fyzikální zákon a rozpoznat meze jeho platnosti, rozhodnout, zda daný model je vhodný pro daný problém)
- rozpoznat (předpovídat) důsledky, odhadnout průběh děje ze znalosti počátečních podmínek a zákona, jímž se děj řídí
- provést důkaz jednoduchého fyzikálního tvrzení

Práce s informacemi

Žák dovede:

- z popisu fyzikálního děje vyvodit a formulovat závěry a popsaný děj na přiměřené úrovni fyzikálně vysvětlit
- navrhnout jednoduchý experiment, který demonstruje určitý fyzikální fakt (objekt, děj, stav, vlastnost, jev) nebo ověřuje hypotézu či platnost fyzikálního zákona
- vyhodnotit měření (včetně určení odchylky měření), interpretovat výsledek měření a porovnat jej s teorií
- provádět řádové odhady hodnot měřených veličin a chyb měření
- odečítat hodnoty veličin z předložené tabulky
- vyhledat hodnoty fyzikálních veličin a konstant v tabulkách

- sestrojit graf závislosti dvou fyzikálních veličin z hodnot získaných měřením
- odečítat z grafů hodnoty veličin
- vysvětlit podle schématu nebo obrázku jednoduššího zařízení či elektrického obvodu jejich funkci
- nakreslit schéma nebo obrázek reálného zařízení či elektrického obvodu
- měřit posuvným a mikrometrickým měřidlem, teploměrem, stopkami, ampérmetrem, voltmetrem

Maturitní požadavky (specifické cíle) ke zkoušce z fyziky

Maturitní požadavky ke zkoušce z fyziky zadávané MŠMT jsou formulovány jako požadavky na znalosti a dovednosti maturantů, patřící do výše uvedených tří kategorií, pro jednotlivé tematické okruhy fyziky. Jsou formulovány pomocí aktivního slovesa, které navazuje na úvodní formulaci „Žák dovede“. Tato formulace pro lepší přehlednost již není před každým požadavkem uváděna.

2. Molekulová fyzika a termika

2.1 Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky

- znázornit grafem závislost velikosti výsledné síly působící mezi dvěma částicemi (atomy, molekulami) na jejich vzdálenosti
- rozhodnout v jednoduchých případech, zda termodynamická soustava je, nebo není v rovnovážném stavu
- vyjádřit v kelvinech teplotu uvedenou v Celsiových stupních a naopak
- použít vztahy pro relativní atomovou hmotnost, relativní molekulovou hmotnost, látkové množství, počet částic, molární hmotnost, molární objem a Avogadrovu konstantu při řešení úloh

2.2 Vnitřní energie, práce, teplo

- vypočítat v jednoduchých případech změnu vnitřní energie tělesa konáním práce a tepelnou výměnou
- řešit jednoduché úlohy s využitím prvního termodynamického zákona
- vypočítat tepelnou kapacitu tělesa z měrné tepelné kapacity jeho látky a naopak
- vypočítat teplo, které přijme (odevzdá) stejnorodé těleso při změně teploty
- sestavit kalorimetrickou rovnici pro konkrétní případ včetně uvážení tepelné kapacity (např. kalorimetru či jiné nádoby) a řešit úlohy využitím této rovnice
- určit měrnou tepelnou kapacitu látky, z níž je uvažované těleso, z grafu závislosti teploty tělesa dané hmotnosti jako funkce přijatého (odevzdaného) tepla

2.3 Struktura a vlastnosti plynů, pevných látek a kapalin

- řešit jednoduché úlohy na změnu stavu ideálního plynu pomocí stavové rovnice (vypočítat látkové množství, hmotnost, objem, hustotu, tlak a termodynamickou teplotu tohoto plynu)
- znázornit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje v p-V diagramu, v p-T diagramu a ve V-T diagramu
- vypočítat teplo dodané ideálnímu plynu při konstantním tlaku a při konstantním objemu
- vypočítat práci vykonanou plynem při stálém tlaku
- vyjádřit graficky práci vykonanou plynem při stálém a proměnném tlaku
- určit kvantitativně účinnost kruhového děje v plynu

- znázornit v *p-V* diagramu příklady kruhových dějů složených z dějů izotermických, izobarických, izochorických a adiabatických a uvést, při kterých soustava přijímá teplo od okolí a při kterých teplo do okolí odevzdává, kdy se koná práce
- převést pro ideální plyn p-T diagram kruhového děje složeného ze dvou izobarických a dvou izochorických dějů na p-V diagram a z něho vypočítat, jakou práci vykoná plyn během jednoho cyklu kruhového děje
- určit maximální účinnost tepelného stroje pracujícího mezi dvěma tepelnými lázněmi (popř. ideálního tepelného motoru)
- určit z tabulek nebo z grafu mez pružnosti, mez pevnosti, dovolené napětí a součinitel bezpečnosti a používat tyto veličiny při řešení praktických problémů
- vypočítat velikost síly pružnosti, normálového napětí a relativního prodloužení při pružné deformaci tahem
- použít Hookův zákon pro pružnou deformaci tahem nebo tlakem
- řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost pevných a kapalných těles
- sestrojit graf závislosti délky tyče (drátu) na teplotě na základě tabulky s naměřenými hodnotami délky a teploty a z tohoto grafu určit teplotní součinitel délkové roztažnosti látky, ze které je těleso vyrobeno
- vypočítat povrchovou sílu pomocí povrchového napětí a obráceně (u rovinného povrchu kapaliny a při jejím odkapávání z kapiláry)
- z kapilární elevace (deprese) vypočítat poloměr kapiláry nebo povrchové napětí kapaliny, jsou-li dány potřebné údaje

2.4 Změny skupenství látek

- vypočítat s použitím údajů v tabulkách celkové teplo, které přijme pevné těleso dané hmotnosti a dané teploty, aby se změnilo v kapalinu o teplotě vyšší než je teplota tání
- vypočítat s využitím údajů v tabulkách celkové teplo, které je potřebné k přeměně kapaliny dané hmotnosti a dané teploty na páru (varem)
- vypočítat výslednou teplotu soustavy po vytvoření rovnovážného stavu (sestavit a řešit užitím kalorimetrické rovnice)
- určit v jednoduchých případech stav dané páry užitím křivky syté páry a vyvodit z toho důsledky pro praxi
- řešit jednoduché úlohy související se závislostí teploty varu kapaliny na vnějším tlaku

Příloha 2

Očekávané výstupy a učivo vzdělávací oblasti Člověk a příroda, vzdělávacího oboru Fyzika - výňatek

Vzdělávací obsah „Stavba a vlastnosti látek“

Očekávané výstupy

Žák

- objasní souvislost mezi vlastnostmi látek různých skupenství a jejich vnitřní strukturou
- aplikuje s porozuměním termodynamické zákony při řešení konkrétních fyzikálních úloh
- využívá stavovou rovnici ideálního plynu stálé hmotnosti při předvídání stavových změn plynu
- analyzuje vznik a průběh procesu pružné deformace pevných těles
- porovná zákonitosti teplotní roztažnosti pevných těles a kapalin a využívá je k řešení praktických problémů

Učivo

- kinetická teorie látek – charakter pohybu a vzájemných interakcí částic v látkách různých skupenství
- termodynamika – termodynamická teplota; vnitřní energie a její změna, teplo; první a druhý termodynamický zákon; měrná tepelná kapacita; různé způsoby přenosu vnitřní energie v rozličných systémech
- vlastnosti látek – normálové napětí, Hookův zákon; povrchové napětí kapaliny, kapilární jevy; součinitel teplotní roztažnosti pevných látek a kapalin; skupenské a měrné skupenské teplo

Příloha 3

Na následujících stranách jsou všechny testy včetně záznamových listů, testové příručky a řešení v praktické podobě pro okamžité použití v praxi. Nejprve je uvedena testová příručka pro dílčí testy, řešení všech těchto testů, jejich zadání a záznamový list. Následuje testová příručka, řešení, zadání a záznamový list závěrečného testu.

Testová příručka pro testy „Základní poznatky, vnitřní energir, práce a teplo“, „Struktura a vlastosti plynů“, „Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin“ a „Změny skupenství“

Testy jsou zaměřeny na ověřování vědomostí a dovedností studentů gymnázií v oblasti molekulové fyziky a termiky. Tím však není vyloučeno jejich použití i na jiných typech škol. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Pilotní verzí Rámcového vzdělávacího programu pro gymnaziální vzdělávání a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce. Testové úlohy jsou převážně úvahové, v menší míře početní.

Každý test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Každý test obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí. U úloh, u kterých je napsáno „Uveďte postup řešení.“ (týká se pouze testu Struktura a vlastnosti plynů) je vyžadováno písemné řešení provedené na vyznačeném místě v Záznamovém listu odpovědí.

Zadání testu – instrukce pro učitele

1. Použijte obě varianty testu. Studenty rozdělte obvyklým způsobem do dvou skupin.
2. Požádejte studenty o vyplnění Záznamového listu odpovědí a seznamte je s pokyny pro vypracování testu.
3. Studenti by měli mít při práci k dispozici pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby, fyzikální tabulky a kalkulačku.
4. Čistý čas pro vypracování testu je 30 minut.

Zadání testu – pokyny pro studenty

1. Do záhlaví Záznamového listu odpovědí napište označení varianty testu, jméno a příjmení, třídu a datum.
2. Veškerá řešení zapisujte do Záznamového listu odpovědí. Do zadání testu nic nevpisujte, nekreslete ani neoznačujte.
3. Test obsahuje 12 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř možností, z nichž právě jedna je správná. V Záznamovém listu zakřížkujte políčko příslušející zvolené odpovědi.
4. Uděláte-li při výběru odpovědi chybu, políčko zabarvěte a zakřížkujte novou odpověď.
5. U těch úloh, u kterých je v zadání napsáno „Uveďte postup řešení.“, je nutné mimo označení odpovědi provést na příslušné místo v záznamovém listu také výpočet. V případě, že se žádná z nabízených odpovědí neshoduje s vaším řešením, podtrhněte svůj výsledek a žádnou odpověď neoznačujte. Pokud označíte pouze odpověď (byť správně) a neuvedete výpočet, úlohu nelze uznat za správně vyřešenou.
6. Více označených odpovědí u jedné položky bude považováno za chybu.
7. Používejte pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby, fyzikální tabulky a kalkulačku.

Hodnocení testů

1. K testům jsou přiložena vzorová řešení.
2. Pro hodnocení testů je vhodné použít tzv. binární skórování, podle kterého přidělíme studentovi za každou správnou odpověď jeden bod, za nesprávnou či vynechanou nula bodů. Nejhorší výsledek v testu je tedy 0 bodů, nejlepší výsledek 12 bodů.

Doporučená klasifikační norma

Ukazatelem celkového výkonu studenta v testu je počet správných odpovědí v celém testu. Pro tyto testy je navržena klasifikační stupnice uvedená v tabulce.

Bodový interval	Klasifikační stupeň
10 – 12 bodů	výborně
8 – 9 bodů	chvalitebně
5 – 7 bodů	dobře
3 – 4 body	dostatečně
0 – 2 body	nedostatečně

Tuto stupnici je samozřejmě možné upravit podle situace v konkrétní třídě.

Řešení testů

Řešení testu „Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	d	d	c	a	b	c	a	b	d	a	c	c
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	b	c	a	c	d	b	c	d	a	b	b	b

Řešení testu „Struktura a vlastnosti plynů“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	d	c	a	d	a	b	b	b	d	c	b	c
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	a	b	c	c	b	a	d	d	b	a	c	d

Řešení testu „Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	c	c	a	d	a	d	b	b	a	d	c	a
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	b	b	d	a	c	c	a	d	b	c	b	d

Řešení testu „Změny skupenství“

Varianta A												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	d	b	a	d	a	a	c	b	c	c	d	b
Varianta B												
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
řešení	a	c	d	c	d	b	a	a	d	a	b	c

Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo
Varianta A

1) Rozhodněte, které z následujících tvrzení <u>odporuje</u> kinetické teorii látek.

a) Brownův pohyb svědčí o tepelném pohybu částic v tekutinách.
b) Samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice jiné látky stejného skupenství probíhá rychleji při vyšších teplotách.
c) Částice v látkách na sebe navzájem působí silami. Tyto síly jsou při malých vzájemných vzdálenostech částic odpudivé, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivé.
d) Prostor, který zaujímá těleso z pevné látky, je beze zbytku vyplněn částicemi této látky.

2) Difuze probíhá:

a) v plynech za každé teploty, v kapalinách pouze za vyšších teplot, v pevných látkách neprobíhá
b) pouze v kapalinách, v plynech a v pevných látkách neprobíhá
c) v plynech a v kapalinách, v pevných látkách neprobíhá
d) v plynech, kapalinách i pevných látkách

3) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.

Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0B c) BC d) 0A

4) Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o struktuře modelů látek vycházejících z kinetické teorie látek.

a) Molekuly plynu vykonávají chaotický pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem mění.
b) Částice pevného tělesa vykonávají neuspořádaný kmitavý pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem nemění.
c) Celková vnitřní potenciální energie částic pevného tělesa je větší než jejich celková vnitřní kinetická energie.
d) Celková vnitřní potenciální energie soustavy molekul plynu je značně menší než celková kinetická energie těchto molekul.

5) Rozhodněte, která z následujících termodynamických soustav se nejvíce blíží rovnovážnému stavu.

a) čerstvě uvařený čaj v konvici
b) kámen na dně hluboké lesní tůně
c) kostka ledu vyndaná z mrazničky do místnosti s pokojovou teplotou
d) rovnoměrně hořící papír

6) V tabulce jsou uvedeny kritické termodynamické teploty T_K čtyř plynů.

Plyn	T_K/K
Sulfan	373
Chlorovodík	324
Ethen	283
Metan	191

Kritickou teplotu kterého (kterých) z uvedených plynů lze změřit rtuťovým teploměrem s Celsiovou stupnicí?

a) pouze sulfanu
b) pouze sulfanu a chlorovodíku
c) pouze sulfanu, chlorovodíku a ethenu
d) všech uvedených plynů

7) Lokomotiva jedoucí po vodorovné trati zabrzdí. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o energetických poměrech po zastavení lokomotivy. Odpor prostředí zanedbejte.

a) Brzdové špalíky, kola a kolejnice, které se při brzdění zahřejí, přijmou teplo, které je rovno úbytku kinetické energie lokomotivy.
b) Přírůstek vnitřní energie brzdových špalíků, kol a kolejnic je roven úbytku kinetické energie lokomotivy.
c) Přírůstek vnitřní energie brzdových špalíků, kol a kolejnic je roven práci, kterou vykonala třecí síla při brzdění.
d) Práce, kterou vykonala třecí síla při brzdění, je rovna úbytku kinetické energie lokomotivy.

8) Do horké polévky ponoříme chladnou kovovou lžíci. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto ději. Tepelné ztráty do okolí neuvažujte.

a) Vzroste vnitřní energie lžíce, tento přírůstek je roven úbytku vnitřní energie polévky.
b) Polévka bude předávat lžíci teplo, dokud se nevyrovná vnitřní energie lžíce vnitřní energii polévky.
c) Poklesne vnitřní energie polévky, tento úbytek je roven teplu, které předá polévka lžíci.
d) Polévka předá lžíci teplo, které je rovno přírůstku vnitřní energie lžíce.

9) Po podlaze je smykem vlečena prázdná skříň. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Skříň koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
b) Skříň se pohybuje, koná tedy práci, a proto dojde ke zvýšení vnitřní energie skříně; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
c) Dojde k zahřátí podlahy i skříně, protože si vzájemně předají teplo.
d) Dojde ke zvýšení vnitřní energie podlahy i skříně.

---

10) Představme si, že by mořská voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch
b) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
c) menší, protože voda by odebírala více tepla okolnímu vzduchu a denní teploty by tedy byly nižší
d) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody

---

11) V tepelně izolované nádobě s pohyblivým pístem je uzavřen plyn. Rozhodněte, který z následujících dějů <u>není</u> možný.

a) Zahříváme plyn, ten se rozpíná a posunuje pístem. Vnitřní energie plynu se nemění.
b) Pístem stlačujeme plyn a zároveň mu odebíráme teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
c) Plyn se rozpíná, tím posunuje pístem a zároveň plyn odevzdává teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
d) Zajistíme konstantní objem nádoby a zahříváme plyn. Jeho vnitřní energie vzrůstá.

---

12) Ve čtyřech místnostech, které mají cihlové stěny stejné tloušťky, jsou tyto stěny obloženy deskami stejné tloušťky z různých materiálů - igelitu, skelné vlny, bakelitu a polystyrenu. Všechny místnosti vytopíme na stejnou teplotu, a to vyšší, než je venkovní teplota. Která místnost nejdříve vychladne?

a) obložená igelitem
b) obložená skelnou vlnou
c) obložená bakelitem
d) obložená polystyrenem

Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo
Varianta B

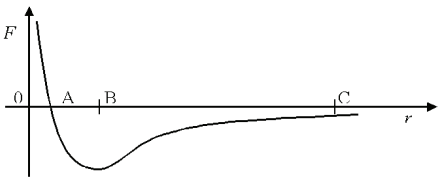
1) Rozhodněte, které z následujících tvrzení <u>odporuje</u> kinetické teorii látek.

a) Difuze svědčí o tepelném pohybu částic v tekutinách.
b) Tepelný pohyb částic nastává v kapalných a plynných látkách, v pevných látkách nikoli.
c) Velikosti rychlostí pohybujících se částic látky závisejí na teplotě této látky.
d) Částice na sebe navzájem působí silami. Tyto síly jsou při malých vzájemných vzdálenostech částic odpudivé, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivé.

2) Difuze probíhá:

a) pouze v kapalinách a v plynech, v pevných látkách difuze neprobíhá
b) rychle v plynech, pomaleji v kapalinách, v pevných látkách difuze neprobíhá
c) rychle v plynech, pomaleji v kapalinách, velmi pomalu v pevných látkách
d) v plynech za každé teploty, v kapalinách pouze za vyšších teplot, v pevných látkách difuze neprobíhá

3) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.



Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0A c) BC d) 0B

4) Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o struktuře modelů látek vycházejících z kinetické teorie látek.

a) Částice pevného tělesa vykonávají neuspořádaný kmitavý pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem nemění.
b) Molekuly kapaliny vykonávají chaotický pohyb kolem svých rovnovážných poloh, které se s časem mění.
c) Celková vnitřní potenciální energie soustavy molekul plynu je značně větší než jejich celková vnitřní kinetická energie.
d) U kapaliny je celková vnitřní potenciální energie soustavy částic srovnatelná s jejich celkovou vnitřní kinetickou energií.

5) Rozhodněte, která z následujících termodynamických soustav se nejvíce blíží rovnovážnému stavu.

a) limonáda vyndaná z chladničky do místnosti s pokojovou teplotou
b) vroucí voda v hrnci na kamnech
c) rovnoměrně hořící papír
d) čaj v uzavřené termosce

6) V tabulce jsou uvedeny termodynamické teploty tání T_t čtyř prvků při normálním tlaku.

Prvek	T_t/K
Brom	266
Dusík	63
Fluor	53
Jód	387

Teplotu tání kterého z uvedených prvků lze změřit rtuťovým teploměrem s Celsiovou stupnicí?

a) pouze bromu
b) pouze bromu a jódu
c) pouze fluoru
d) pouze fluoru a dusíku

7) Automobil pohybující se po vodorovné silnici náhle zabrzdí. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o energetických poměrech po zastavení automobilu. Odpor prostředí zanedbejte.

a) Přírůstek vnitřní energie povrchu vozovky, brzdových disků a kol je roven práci, kterou vykonala třecí síla při brzdění.
b) Práce, kterou vykonala třecí síla při brzdění, je rovna úbytku kinetické energie automobilu.
c) Povrch vozovky, kola a brzdové disky, které se při brzdění zahřejí, přijmou teplo, které je rovno úbytku kinetické energie automobilu.
d) Přírůstek vnitřní energie povrchu vozovky, brzdových disků a kol je roven úbytku kinetické energie automobilu.

8) Do hrnce nalijeme horkou vodu. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto ději. Neuvažujte přitom tepelné ztráty do okolí.

a) Poklesne vnitřní energie vody, tento úbytek je roven teplu, které předá voda hrnci.
b) Voda předá hrnci teplo, které je rovno přírůstku vnitřní energie hrnce.
c) Vzroste vnitřní energie hrnce, tento přírůstek je roven úbytku vnitřní energie vody.
d) Po vyrovnání teplot hrnce a vody bude mít voda stejnou vnitřní energii jako hrnec.

9) Skladník táhne po vodorovné podlaze smykem prázdnou bednu. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny i povrchu podlahy.
b) Bedna koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
c) Bedna se pohybuje, a proto dojde ke zvýšení její vnitřní energie; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
d) Dojde k zahřátí bedny i povrchu podlahy, protože si vzájemně předají teplo.

10) Představme si, že by mořská voda měla ještě mnohem větší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody
b) menší, protože ve dne by se voda pomaleji ohřívala a v noci pomaleji chladla. Proto by voda ve dne více ochlazovala okolní vzduch a v noci ho více ohřívala.
c) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
d) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch

---

11) V nádobě s pohyblivým pístem je uzavřen plyn. Rozhodněte, který z následujících dějů <u>není</u> možný.

a) Zajistíme konstantní objem nádoby a zahříváme plyn. Jeho vnitřní energie vzrůstá.
b) Plyn se rozpíná, tím posunuje pístem a zároveň plyn odevzdává teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
c) Zahříváme plyn, ten se rozpíná a posunuje pístem. Vnitřní energie plynu se nemění.
d) Pístem stlačujeme plyn a zároveň mu odebíráme teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.

---

12) Horkou vodu nalijeme do čtyř stejných nádob, které uzavřeme. Každou nádobu obložíme jedním z následujících materiálů stejné tloušťky: igelitem, skelnou vlnou, bakelitem a polystyrenem. Ve které nádobě se teplota vody bude měnit nejpomaleji?

a) v obložené igelitem
b) v obložené skelnou vlnou
c) v obložené bakelitem
d) v obložené polystyrenem

Záznamový list odpovědí
Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

Záznamový list odpovědí
Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

Struktura a vlastnosti plynů
Varianta A

1) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o molekulách ideálního plynu vyplývajících z jejich vzájemného působení je správné.

a) Hodnota potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je větší než hodnota celkové kinetické energie těchto molekul.
b) Molekuly ideálního plynu na sebe navzájem nenarážejí.
c) Molekuly ideálního plynu na sebe při malých vzájemných vzdálenostech působí odpudivými silami, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivými silami.
d) Při srážce molekuly ideálního plynu se stěnou nádoby se nemění velikost rychlosti molekuly.

2) Při termodynamické teplotě T má střední kvadratická rychlost molekul plynu hodnotu v_k. Na jakou hodnotu by se musela změnit termodynamická teplota plynu, aby byla střední kvadratická rychlost molekul dvojnásobná?

a) $2 \cdot T$ b) $T/2$ c) $4 \cdot T$ d) $T/4$

3) V nádobě o objemu 10 litrů je dusík N_2 o hmotnosti 28 g a teplotě 27 °C. Jaký je jeho tlak? Dusík považujte za ideální plyn.

a) $2{,}5 \cdot 10^5$ Pa b) $2{,}2 \cdot 10^4$ Pa c) 249 Pa d) 22 Pa

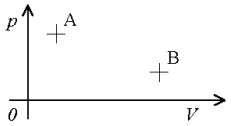
Uveďte postup řešení.

4) Ideální plyn zaujímá objem 10 litrů. Jaký bude objem plynu, sníží-li se jeho tlak o 20 % a jeho termodynamická teplota se dvakrát zvětší?

a) 1 litr b) 100 litrů c) 4 litry d) 25 litrů

Uveďte postup řešení.

5) Na obrázku jsou v p-V diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.



Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:

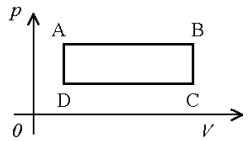
a) izotermickou expanzí
b) izobarickou kompresí
c) izobarickou expanzí
d) izochorickým snížením tlaku

6) O kolik % je nutno změnit tlak ideálního plynu uzavřeného v nádobě stálého objemu, aby jeho termodynamická teplota vzrostla o 35 %?

a) snížit o 35 % b) zvýšit o 35 % c) snížit o 65 % d) zvýšit o 65 %

Uveďte postup řešení.

7) V p-V diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává
c) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně

8) Označme: ΔU přírůstek vnitřní energie ideálního plynu, Q teplo přijaté ideálním plynem, W práci vykonanou ideálním plynem. Rozhodněte, která z rovnic <u>nepopisuje</u> uvedený děj s ideálním plynem.

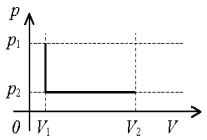
a) $\Delta U = -W$ adiabatický děj
b) $\Delta U = Q$ kruhový děj
c) $Q = W$ izotermický děj
d) $\Delta U = Q - W$ izobarický děj

9) Rozhodněte, který z následujících dějů může být adiabatickým dějem.

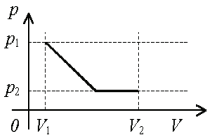
a) Plyn koná práci, jeho vnitřní energie vzrůstá.
b) Plyn koná práci, jeho vnitřní energie se nemění.
c) Vnitřní energie plynu vzrůstá, plyn nemění svůj objem.
d) Plyn koná práci, jeho vnitřní energie se snižuje.

10) Ve čtyřech níže uvedených p-V diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

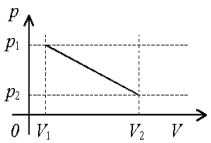
Graf 1:



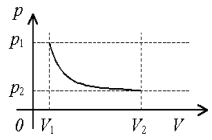
Graf 2:



Graf 3:



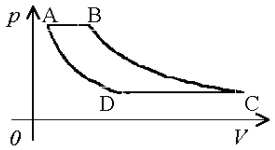
Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal největší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

11) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

a) $T_A = T_B$, $T_B > T_C$
b) $T_A < T_B$, $T_B = T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_C = T_D$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$

12) Rozhodněte, který z následujících tepelných strojů nemůže pracovat periodicky.

a) Stroj, který konáním práce odebírá teplo chladiči a předává ho ohřívači.
b) Stroj, který přijímá teplo Q od ohřívače, koná práci $W < Q$ a teplo $Q - W$ předává chladiči.
c) Stroj, který přijímá teplo Q od ohřívače a koná stejně velkou práci W.
d) Stroj, který konáním práce odebírá teplo z teplejšího prostředí a všechno toto teplo předává do prostředí chladnějšího.

Struktura a vlastnosti plynů
Varianta B

1) Pro potenciální energii E_p molekul ideálního plynu vyplývající z jejich vzájemného silového působení a celkovou kinetickou energii E_K těchto molekul platí:

a) $E_p = 0$
b) $E_p > 0$
c) $E_p > E_K$
d) $0 < E_p < E_K$

2) Při termodynamické teplotě T má střední kvadratická rychlost molekul plynu hodnotu v_k. Jakou hodnotu bude mít střední kvadratická rychlost molekul plynu při čtyřnásobné termodynamické teplotě?

a) $v_k/2$ b) $2 \cdot v_k$ c) $4 \cdot v_k$ d) $v_k/4$

3) Ideální plyn má tlak 2,0 . 10^5 Pa. Jaký bude jeho tlak, jestliže se jeho termodynamická teplota zvýší o 20 % a objem plynu se dvakrát zmenší?

a) $5{,}0 \cdot 10^5$ Pa b) $0{,}8 \cdot 10^5$ Pa c) $4{,}8 \cdot 10^5$ Pa d) $3{,}3 \cdot 10^5$ Pa

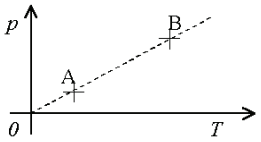
Uveďte postup řešení.

4) V nádobě o objemu 15 litrů je kyslík O_2 o teplotě 35 °C a tlaku 1,6 . 10^5 Pa. Jaká je jeho hmotnost? Kyslík považujte za ideální plyn.

a) 264 g b) 264 kg c) 30 g d) 30 kg

Uveďte postup řešení.

5) Na obrázku jsou v p-T diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.
Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:



a) izobarickým zvětšením objemu plynu
b) izochorickým zvýšením teploty plynu
c) izotermickým zvýšením tlaku plynu
d) izobarickým zvýšením teploty plynu

6) Při jaké teplotě ve °C bude mít ideální plyn dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky?

a) 313 °C b) 40 °C c) 10 °C d) -127 °C

Uveďte postup řešení.

7) Ideálnímu plynu bylo izochoricky dodáno teplo 2,5 kJ. Vyberte správné tvrzení vztahující se k tomuto ději.

a) Plyn vykonal práci 2,5 kJ, vnitřní energie plynu se nezměnila.
b) Část dodaného tepla se spotřebovala na změnu objemu plynu, část na zvýšení vnitřní energie plynu.
c) Plyn vykonal práci 2,5 kJ, vnitřní energie plynu se snížila.
d) Plyn nevykonal žádnou práci, vnitřní energie plynu vzrostla o 2,5 kJ.

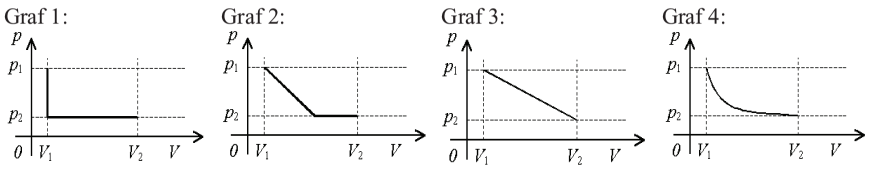
8) Označme: ΔU přírůstek vnitřní energie ideálního plynu, Q teplo přijaté ideálním plynem, W práci vykonanou ideálním plynem. Rozhodněte, která z rovnic <u>nepopisuje</u> uvedený děj s ideálním plynem.

a) $\Delta U = Q - W$ izobarický děj
b) $Q = W$ izotermický děj
c) $\Delta U = -W$ adiabatický děj
d) $\Delta U = 0$ izochorický děj

9) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o adiabatickém ději je správné.

a) Vnitřní energie plynu se nemění.
b) Plyn může konat práci na úkor své vnitřní energie.
c) Teplota plynu se nemění.
d) Plyn nemůže konat práci.

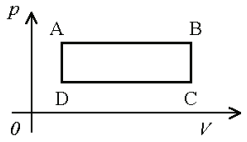
10) Ve čtyřech níže uvedených p-V diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal nejmenší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

11) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
b) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně
c) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává
d) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává

12) Účinnost tepelného motoru:

a) je tím větší, čím větší teplo předá ohřívač chladiči
b) vzroste, pokud zmenšíme rozdíl teplot ohřívače a chladiče
c) je přímo úměrná teplotě ohřívače
d) vzroste, pokud zvětšíme rozdíl teplot ohřívače a chladiče

Záznamový list odpovědí
Struktura a vlastnosti plynů

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu. Sem také **uveďte <u>celý postup</u> řešení úloh**, u kterých je v zadání napsáno „***Uveďte postup řešení.***“.

Záznamový list odpovědí
Struktura a vlastnosti plynů

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu. Sem také **uveďte <u>celý postup</u> řešení úloh**, u kterých je v zadání napsáno „***Uveďte postup řešení.***“.

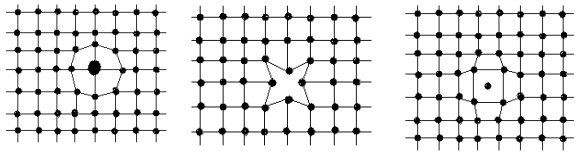
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin
Varianta A

1) Rozhodněte, které tvrzení o pevných látkách <u>není</u> správné.

a) V monokrystalu jsou částice (atomy, molekuly nebo ionty) pravidelně uspořádány.
b) Vzájemná poloha jednotlivých krystalků v polykrystalu je nahodilá.
c) Většina monokrystalů je izotropních (mají stejné fyzikální vlastnosti ve všech směrech).
d) V amorfních látkách nejsou částice na delší vzdálenosti pravidelně uspořádány.

2) Na obrázcích jsou znázorněny tři typy bodových poruch krystalové mřížky.

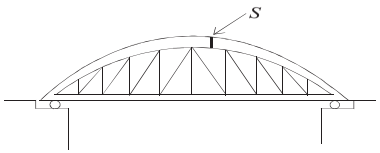
Obr. 1: **Obr. 2:** **Obr. 3:**



Na kterém obrázku je znázorněna vakance, na kterém příměs a na kterém intersticiální poloha částice?

a) Obr. 1: příměs, Obr. 2: intersticiální poloha částice, Obr. 3: vakance
b) Obr. 1: vakance, Obr. 2: intersticiální poloha částice, Obr. 3: příměs
c) Obr. 1: příměs, Obr. 2: vakance, Obr. 3: intersticiální poloha částice
d) Obr. 1: intersticiální poloha částice, Obr. 2: vakance, Obr. 3: příměs

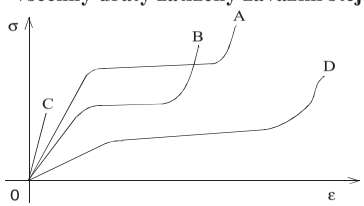
3) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.



V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:

a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem

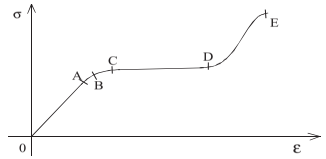
4) Na obrázku je křivka deformace tahem pro dráty ze čtyř různých materiálů A, B, C, D. Všechny čtyři dráty mají stejný obsah příčného řezu. Na zavěšené dráty byla věšena závaží, jejichž hmotnost se postupně zvyšovala, tj. v každém okamžiku byly všechny dráty zatíženy závažím stejné hmotnosti.



Který drát je vyroben z materiálu o nejmenším modulu pružnosti v tahu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) drát D

5) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.



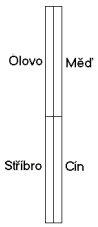
Rozhodněte, která část křivky vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

a) OA
b) OC
c) CD
d) OE

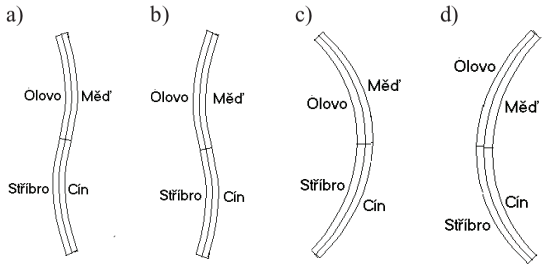
6) Při určité teplotě naměříme délkovým měřidlem jistou délku tyče. Jakou hodnotu délky tyče naměříme, pokud měřidlo i tyč ochladíme na nižší teplotu?

a) V každém případě naměříme větší hodnotu, protože ochlazením se smrští stupnice měřidla.
b) V každém případě naměříme menší hodnotu, protože ochlazením se zmenší délka tyče.
c) Naměříme vždy stejnou hodnotu, zmenšuje se sice délka tyče, ale zároveň se smršťuje i měřidlo.
d) Záleží na materiálu měřidla a tyče.

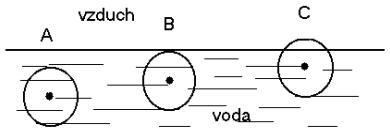
7) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – olova, mědi, stříbra a cínu (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?

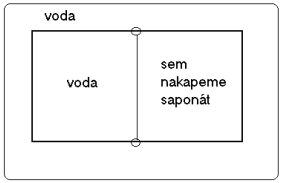


8) Na obrázku jsou pod rozhraním voda - vzduch znázorněny plnými malými kroužky molekuly vody A, B, C a kružnicemi jejich sféry molekulového působení. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o silách působících mezi molekulami vody.



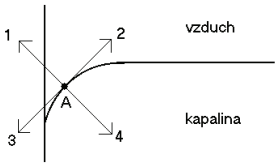
a) Výslednice přitažlivých sil, kterými působí molekuly ve sféře na molekulu A, je nulová.
b) Výslednice přitažlivých sil, kterými působí molekuly ve sféře na molekulu B, míří svisle dolů.
c) Výslednice přitažlivých sil, kterými působí molekuly ve sféře na molekulu C, míří svisle dolů.
d) Na všechny tři molekuly působí přitažlivé síly sousedních molekul vody.

9) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do pravé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}, povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}.



a) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
b) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
c) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

10) Na obrázku je svislý řez kapalinou, která nesmáčí stěny nádoby, ve které je nalita. Jaký směr má výslednice přitažlivých sil působících na molekulu A kapaliny od ostatních molekul kapaliny?



a) směr 1
b) směr 2
c) směr 3
d) směr 4

11) Čím je způsoben pokles hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární depresi?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu *S*. Protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*, působí na kapalinu v kapiláře vzduch větším tlakem než na hladinu kapaliny v širší části nádoby. Kapalina v kapiláře tedy sestoupí níže, než je hladina kapaliny v širší části nádoby .
b) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu *S*, působí na ni tedy malý tlak vzduchu *p*, protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*. Kapalina v kapiláře proto vytlačuje kapalinu v širší části nádoby vzhůru.
c) Kapalina v kapiláře má vypuklý povrch, pod kterým je vnitřní tlak větší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
d) Ve výšce, kam sestoupí voda v kapiláře, je vyšší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s klesající výškou roste.

12) Čtyři stejné nádoby jsou při teplotě 20 °C naplněny těsně pod okraj kyselinou dusičnou, petrolejem, kyselinou sírovou a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu. Ze které nádoby vyteče nejvíce příslušné kapaliny?

a) z nádoby s kyselinou dusičnou
b) z nádoby s petrolejem
c) z nádoby s kyselinou sírovou
d) z nádoby s vodou

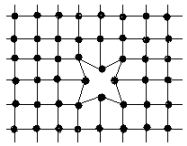
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin
Varianta B

1) Rozhodněte, které tvrzení o pevných látkách <u>není</u> správné.

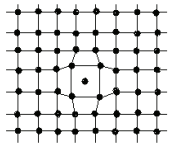
a) Vzhledem k nepravidelnému uspořádání jednotlivých krystalků v polykrystalu jsou polykrystaly většinou izotropní (mají stejné fyzikální vlastnosti ve všech směrech).
b) V polykrystalu jsou jednotlivé krystalky pravidelně uspořádány.
c) V amorfních látkách jsou částice na krátké vzdálenosti přibližně pravidelně uspořádány.
d) Většina monokrystalů je anizotropních (mají různé fyzikální vlastnosti v různých směrech).

2) Na obrázcích jsou znázorněny tři typy bodových poruch krystalové mřížky.

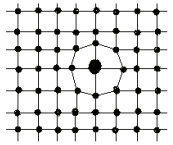
Obr. 1:



Obr. 2:



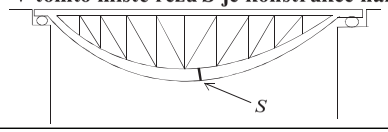
Obr. 3:



Na kterém obrázku je znázorněna vakance, na kterém příměs a na kterém intersticiální poloha částice?

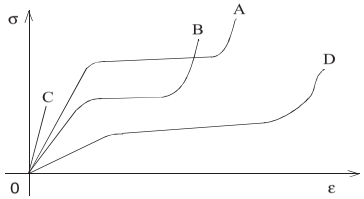
a) Obr. 1: intersticiální poloha částice, Obr. 2: vakance, Obr. 3: příměs
b) Obr. 1: vakance, Obr. 2: intersticiální poloha částice, Obr. 3: příměs
c) Obr. 1: intersticiální poloha částice, Obr. 2: příměs, Obr. 3: vakance
d) Obr. 1: vakance, Obr. 2: příměs, Obr. 3: intersticiální poloha částice

3) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*. V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:



a) ohybem
b) smykem
c) tlakem
d) tahem

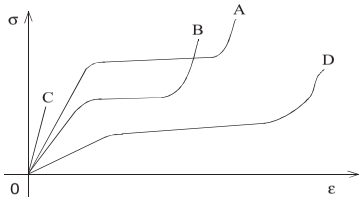
4) Na obrázku je křivka deformace tahem pro dráty ze čtyř různých materiálů A, B, C, D. Všechny čtyři dráty mají stejný obsah příčného řezu. Na zavěšené dráty byla věšena závaží, jejichž hmotnost se postupně zvyšovala, tj. v každém okamžiku byly všechny dráty zatíženy závažím stejné hmotnosti.



Který drát je vyroben z materiálu s nejvyšší mezí pružnosti v tahu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) drát D

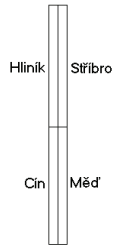
5) Na obrázku je křivka deformace tahem pro dráty ze čtyř různých materiálů A, B, C, D. Všechny čtyři dráty mají stejný obsah příčného řezu. Na zavěšené dráty byla věšena závaží, jejichž hmotnost se postupně zvyšovala, tj. v každém okamžiku byly všechny dráty zatíženy závažím stejné hmotnosti.



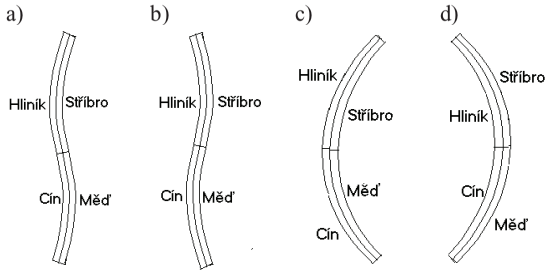
Který drát je vyroben z nejkřehčího materiálu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) drát D

6) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – hliníku, stříbra, cínu a mědi (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?



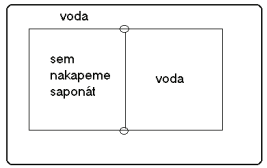
7) Při určité teplotě naměříme délkovým měřidlem jistou délku tyče. Jakou hodnotu délky tyče naměříme, pokud měřidlo i tyč zahřejeme na vyšší teplotu?

a) Záleží na materiálu měřidla a tyče.
b) V každém případě naměříme menší hodnotu, protože zahřátím se roztáhne stupnice měřidla.
c) V každém případě naměříme větší hodnotu, protože zahřátím se zvětší délka tyče.
d) Naměříme vždy stejnou hodnotu, zvětšuje se sice délka tyče, ale zároveň se roztahuje i měřidlo.

8) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o povrchové vrstvě kapaliny <u>není</u> správné.

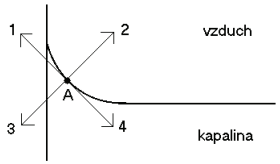
a) Při posunutí molekuly z vnitřku kapaliny do její povrchové vrstvy je třeba vykonat práci.
b) Výslednice přitažlivých sil, jimiž působí sousední molekuly na molekulu v povrchové vrstvě, má směr dovnitř kapaliny.
c) Molekuly v povrchové vrstvě mají větší potenciální energii než molekuly uvnitř kapaliny.
d) Molekuly v povrchové vrstvě mají větší kinetickou energii než molekuly uvnitř kapaliny.

9) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do levé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN . m^{-1}, povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
b) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
c) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

10) Na obrázku je svislý řez kapalinou, která smáčí stěny nádoby, ve které je nalita. Jaký směr má výslednice přitažlivých sil působících na molekulu A kapaliny od ostatních molekul kapaliny?



a) směr 1
b) směr 2
c) směr 3
d) směr 4

11) Čím je způsoben vzestup hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární elevaci?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu S, proto na ni působí velice malá tlaková síla vzduchu $F = pS$, vystoupí tedy výše než je hladina kapaliny v širší části nádoby.
b) Kapalina v kapiláře má dutý povrch, pod kterým je vnitřní tlak nižší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
c) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu S, působí na ni tedy velká tlaková síla vzduchu $F = pS$, proto vytlačuje kapalinu v kapiláře vzhůru.
d) Ve výšce, kam vystoupí voda v kapiláře, je nižší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s rostoucí výškou klesá.

12) Čtyři stejné nádoby jsou při teplotě 20 °C naplněny těsně pod okraj kyselinou dusičnou, petrolejem, kyselinou sírovou a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu. Ze které nádoby vyteče nejméně příslušné kapaliny?

a) z nádoby s kyselinou dusičnou
b) z nádoby s petrolejem
c) z nádoby s kyselinou sírovou
d) z nádoby s vodou

Záznamový list odpovědí
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

Záznamový list odpovědí
Struktura a vlastnosti pevných látek a kapalin

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

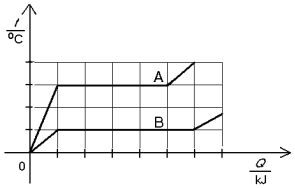
Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

Změny skupenství
Varianta A

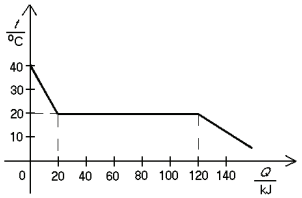
1) Na obrázku je graf znázorňující přechod dvou těles A a B z pevného do kapalného skupenství (*t* je teplota tělesa, *Q* je teplo dodávané tělesu).
Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení.



a) Skupenské teplo tání tělesa B je větší než skupenské teplo tání tělesa A.
b) Teplota tání tělesa A je vyšší než teplota tání tělesa B.
c) K ohřátí tělesa A na teplotu tání je třeba stejná energie jako k ohřátí tělesa B na teplotu tání.
d) K roztavení tělesa A je třeba stejná energie jako k roztavení tělesa B.

2) Těleso kapalného skupenství o teplotě tuhnutí ztuhlo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?
a) Vzrostla.
b) Klesla.
c) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
d) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.

3) Na obrázku je graf závislosti teploty tělesa o hmotnosti 0,5 kg na odebíraném teple. Na počátku děje bylo těleso v kapalném skupenství.



Jaké je měrné skupenské teplo tuhnutí této kapaliny?
a) 200 kJ · kg^{-1}
b) 120 kJ · kg^{-1}
c) 100 kJ · kg^{-1}
d) 20 kJ · kg^{-1}

4) Projevem které skupenské změny je tvorba jinovatky?
a) kondenzace b) sublimace c) tuhnutí d) desublimace

5) Může v zimě ubývat sněhu, i když je po celý den teplota vzduchu o mnoho nižší než 0 °C?
a) Ano, sníh sice nemůže tát, ale sublimuje.
b) Ne, sněhu ubývá pouze když je jeho teplota vyšší než 0 °C.
c) Ano, ale pouze když svítí slunce, které dokáže zahřát vrchní vrstvu sněhu na teplotu tání.
d) Ne, při takovéto teplotě tát nemůže a k sublimaci sněhu nedochází.

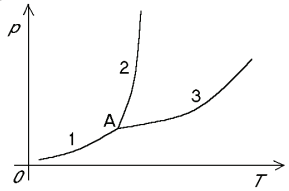
6) K vypařování kapaliny dochází:
a) za každé teploty
b) pouze pokud teplota kapaliny dosáhne kritické hodnoty
c) pouze pokud je teplota kapaliny vyšší než je teplota okolního prostředí
d) pouze pokud je teplota kapaliny vyšší než 0 °C.

7) Jakým způsobem lze dosáhnout varu kapaliny?
a) zvýšením tlaku při libovolné konstantní teplotě
b) zvýšením teploty při libovolném konstantním tlaku
c) zvýšením teploty při konstantním tlaku, který je nižší než kritický
d) zvýšením tlaku při konstantní teplotě, která je nižší než kritická

8) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Snížíme teplotu této soustavy. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.
a) Část páry zkondenzuje a výsledná pára přestane být sytá.
b) Klesne tlak syté páry.
c) Klesne teplota páry a pára přestane být sytá.
d) Protože se jedná o sytou páru, při snížení teploty veškerá pára zkondenzuje.

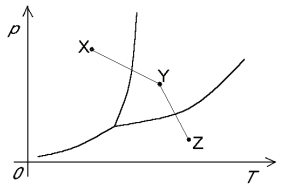
9) Teplotu varu kapaliny při daném vnějším tlaku nad kapalinou lze zjistit:
a) ze sublimační křivky
b) z křivky tání
c) z křivky syté páry
d) ani z jedné z výše uvedených křivek

10) Na obrázku je fázový diagram jisté látky. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto grafu.



a) Křivka 3 znázorňuje závislost teploty varu kapalného skupenství této látky na tlaku.
b) Křivka 2 znázorňuje stavy, ve kterých existuje kapalné a pevné skupenství této látky v rovnováze.
c) Křivka 1 znázorňuje stavy, ve kterých existuje kapalné a plynné skupenství této látky v rovnováze.
d) Bod A znázorňuje stav, ve kterém existuje pevné, kapalné i plynné skupenství této látky v rovnováze.

11) Ve fázovém diagramu je znázorněna cesta XYZ. Přechod látky ze stavu X do stavu Z po cestě XYZ vypovídá o tom, že látka byla postupně:

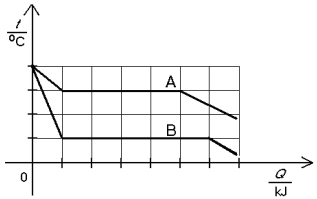


a) pevnou látkou, její sytou párou, kapalinou
b) plynem, kapalinou, pevnou látkou
c) pevnou látkou, plynem, kapalinou
d) pevnou látkou, kapalinou, přehřátou párou

12) V jakém stavu se nachází vodní pára ve vzduchu určité teploty, pokud vlhkost vzduchu dosahuje při této teplotě maximální hodnoty?
a) je přehřátá
b) je sytá
c) má kritický tlak
d) má kritickou teplotu

Změny skupenství
Varianta B

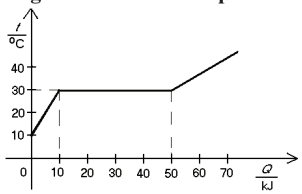
1) Na obrázku je graf znázorňující přechod dvou těles A a B z kapalného do pevného skupenství (*t* je teplota tělesa, *Q* je teplo odebírané tělesu). Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení.



a) Ke ztuhnutí tělesa A je třeba odebrat stejnou energii jako ke ztuhnutí tělesa B.
b) Teplota tuhnutí tělesa A je vyšší než teplota tuhnutí tělesa B.
c) K ochlazení tělesa A na teplotu tuhnutí je třeba odebrat stejné teplo jako k ochlazení tělesa B na teplotu tuhnutí.
d) Skupenské teplo tuhnutí tělesa A je menší než skupenské teplo tuhnutí tělesa B.

2) Těleso pevného skupenství o teplotě tání roztálo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?
a) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.
b) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
c) Vzrostla.
d) Klesla.

3) Na obrázku je graf závislosti teploty tělesa o hmotnosti 0,5 kg na dodávaném teple. Na počátku děje bylo těleso v pevném skupenství. Jaké je měrné skupenské teplo tání látky, ze které je těleso vyrobeno?



a) $10\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$
b) $40\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$
c) $50\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$
d) $80\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$

4) Projevem které skupenské změny je skutečnost, že sněhu ubývá i za velmi mrazivého počasí?
a) kondenzace b) vypařování c) sublimace d) desublimace

5) Je nebo není možné a proč, aby venku uschlo vyprané prádlo, pokud je teplota vzduchu nižší než 0 °C?
a) Není to možné. Aby prádlo uschlo, voda se musí vypařit, a to není možné, protože zmrzne.
b) Je to možné, ale pouze pokud je dobře vyždímané, a tedy je v něm málo vody – ta se stačí vypařit dříve, než by mohla zmrznout.
c) Není to možné. Voda zmrzne v led a led nesublimuje.
d) Je to možné. Voda obsažená v prádle sice zmrzne, ale vzniklý led sublimuje.

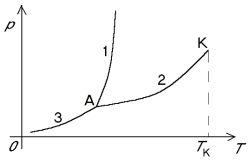
6) Na kterém z následujících parametrů <u>nezávisí</u> rychlost vypařování kapaliny?
a) na teplotě kapaliny
b) na hmotnosti kapaliny
c) na množství vzniklých par nad kapalinou
d) na obsahu povrchu kapaliny

7) Jakým způsobem lze dosáhnout zkapalnění páry?
a) snížením teploty při konstantním tlaku, který je nižší než kritický a vyšší než tlak v trojném bodě
b) snížením teploty při libovolném konstantním tlaku
c) zvýšením tlaku při libovolné konstantní teplotě
d) zvýšením tlaku při konstantní teplotě, která je vyšší než kritická nebo nižší než teplota v trojném bodě

8) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Izotermicky zvětšíme objem nádoby. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.
a) Část kapaliny se vypaří a pára nad kapalinou zůstane sytá.
b) Pára zvětší svůj objem a přestane být sytou.
c) Pára se ochladí a část jí zkondenzuje.
d) Sníží se tlak v kapalině i tlak syté páry.

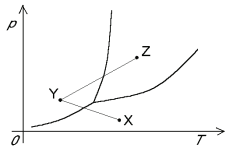
9) Z křivky syté páry v *p-T* diagramu lze zjistit několik údajů. Který z následujících údajů z křivky syté páry zjistit <u>nelze</u>?
a) teplotu varu kapaliny při určitém vnějším tlaku
b) tlak syté páry při určité teplotě
c) teplotu a tlak, při kterém existuje kapalina a její pára v rovnováze
d) teplo potřebné k přeměně daného množství kapaliny v sytou páru

10) Na obrázku je fázový diagram jisté látky. Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o tomto diagramu.



a) Křivka 1 znázorňuje stavy, ve kterých existuje pevné a plynné skupenství této látky v rovnováze.
b) Křivka 2 znázorňuje závislost teploty varu kapalného skupenství této látky na tlaku nad kapalinou.
c) Při teplotě vyšší než je teplota T_K neexistuje tato látka v kapalném skupenství.
d) Bod A znázorňuje stav, ve kterém existuje pevné, kapalné i plynné skupenství této látky v rovnováze.

11) Ve fázovém diagramu je znázorněna cesta XYZ. Přechod látky ze stavu X do stavu Z po cestě XYZ vypovídá o tom, že látka byla postupně:



a) pevnou látkou, její sytou párou, kapalinou
b) přehřátou párou, pevnou látkou, kapalinou
c) pevnou látkou, přehřátou párou, kapalinou
d) kapalinou, její sytou párou, plynem

12) Vyberte <u>nesprávné</u> tvrzení o absolutní vlhkosti vzduchu.
a) Absolutní vlhkost vzduchu je tím větší, čím větší hmotnost vodní páry je v tomto vzduchu obsažena.
b) Absolutní vlhkost vzduchu je největší, pokud teplota vzduchu dosáhne teploty rosného bodu.
c) Absolutní vlhkost vzduchu je tím větší, čím je stav vodní páry blíže jejímu kritickému stavu.
d) Absolutní vlhkost vzduchu je největší, pokud se vodní pára ve vzduchu obsažená stane sytou.

Záznamový list odpovědí
Změny skupenství

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

Záznamový list odpovědí
Změny skupenství

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Škola:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem. V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď.

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu.

Testová příručka pro test „Molekulová fyzika a termika“

Test je zaměřen na ověřování vědomostí a dovedností studentů gymnázií v oblasti molekulové fyziky a termiky. Tím však není vyloučeno jeho použití i na jiných typech škol. Testované učivo vychází z učebnice fyziky: Bartuška K., Svoboda E.: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika, Prometheus, Praha 2002 a je též v souladu s Pilotní verzí Rámcového vzdělávacího programu pro gymnaziální vzdělávání a Katalogem požadavků k maturitní zkoušce. Testové úlohy jsou převážně úvahové, v menší míře početní.

Test je vyhotoven ve dvou variantách označených A a B. Obsahuje 17 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř alternativ, z nichž právě jedna je správná. Studenti vyznačují svoje odpovědi do Záznamového listu odpovědí. U úloh, u kterých je napsáno „Uveďte postup řešení.“ je vyžadováno písemné řešení provedené na vyznačeném místě v Záznamovém listu odpovědí.

Zadání testu – instrukce pro učitele

1. Použijte obě varianty testu. Studenty rozdělte obvyklým způsobem do dvou skupin.
2. Požádejte studenty o vyplnění Záznamového listu odpovědí a seznamte je s pokyny pro vypracování testu.
3. Studenti by měli mít při práci k dispozici pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby a kalkulačku.
4. Čistý čas pro vypracování testu je 40 minut.

Zadání testu – pokyny pro studenty

1. Do záhlaví Záznamového listu odpovědí napište označení varianty testu, jméno a příjmení, třídu a datum.
2. Veškerá řešení zapisujte do Záznamového listu odpovědí. Do zadání testu nic nevpisujte, nekreslete ani neoznačujte.
3. Test obsahuje 17 uzavřených úloh s výběrem odpovědi ze čtyř možností, z nichž právě jedna je správná. V Záznamovém listu zakřížkujte políčko příslušející zvolené odpovědi.
4. Uděláte-li při výběru odpovědi chybu, políčko zabarvěte a zakřížkujte novou odpověď.
5. U těch úloh, u kterých je v zadání napsáno „Uveďte postup řešení.“, je nutné mimo označení odpovědi provést na příslušné místo v záznamovém listu také výpočet. V případě, že se žádná z nabízených odpovědí neshoduje s vaším řešením, podtrhněte svůj výsledek a žádnou odpověď neoznačujte. Pokud označíte pouze odpověď (byť správně) a neuvedete výpočet, úlohu nelze uznat za správně vyřešenou.
6. Více označených odpovědí u jedné položky bude považováno za chybu.
7. Používejte pouze zadání testu, Záznamový list odpovědí, psací potřeby a kalkulačku.

Hodnocení testů

1. K testu je přiloženo vzorové řešení.
2. Pro hodnocení testu je vhodné použít tzv. binární skórování, podle kterého přidělíme studentovi za každou správnou odpověď jeden bod, za nesprávnou či vynechanou nula bodů. Nejhorší výsledek v testu je tedy 0 bodů, nejlepší výsledek 17 bodů.

Doporučená klasifikační norma

Ukazatelem celkového výkonu studenta v testu je počet správných odpovědí v celém testu. Pro tyto testy je navržena klasifikační stupnice uvedená v tabulce.

Bodový interval	Klasifikační stupeň
13 – 17 bodů	výborně
9 – 12 bodů	chvalitebně
5 – 8 bodů	dobře
3 – 4 body	dostatečně
0 – 2 body	nedostatečně

Tuto stupnici je samozřejmě možné upravit podle situace v konkrétní třídě.

Řešení testu

Varianta A																	
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
řešení	c	d	a	b	a	b	d	c	a	a	a	b	d	c	b	d	b
Varianta B																	
úloha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
řešení	a	a	b	d	c	d	b	a	c	d	c	c	a	b	d	b	a

Řešení úlohy 5 Varianty A:

$m = 28\ \text{g} = 2{,}8 \cdot 10^{-2}\ \text{kg}$

$t = 27\ °\text{C} \Rightarrow T = 300\ \text{K}$

$V = 10\ \text{l} = 10^{-2}\ \text{m}^3$

$A_r\,(\text{N}) = 14$

$p = ?$

$$pV = \frac{m}{M_m} RT$$

$$p = \frac{mRT}{M_m V} = \frac{mRT}{V \cdot 2 \cdot A_r \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$p = \frac{2{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot 8{,}31 \cdot 300}{10^{-2} \cdot 2 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}\ \text{Pa}$$

$\underline{p \approx 2{,}5 \cdot 10^5\ \text{Pa}}$

Řešení úlohy 5 Varianty B:

$V = 15\ \text{l} = 1{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}^3$

$t = 35\ °\text{C} \Rightarrow T = 308\ \text{K}$

$p = 1{,}6 \cdot 10^5\ \text{Pa}$

$A_r\,(\text{O}) = 16$

$m = ?$

$$pV = \frac{m}{M_m} RT$$

$$m = \frac{pVM_m}{RT} = \frac{pV \cdot 2 \cdot A_r \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}}{RT}$$

$$m = \frac{1{,}6 \cdot 10^5 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 308}\ \text{kg}$$

$\underline{m \approx 0{,}03\ \text{kg} = 30\ \text{g}}$

Molekulová fyzika a termika
Varianta A

1) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.

Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

b) AB b) 0B c) BC d) 0A

2) Po podlaze je smykem vlečena prázdná skříň. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Skříň koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
b) Skříň se pohybuje, koná tedy práci, a proto dojde ke zvýšení vnitřní energie skříně; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
c) Dojde k zahřátí podlahy i skříně, protože si vzájemně předají teplo.
d) Dojde ke zvýšení vnitřní energie podlahy i skříně.

3) Představme si, že by mořská voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch
b) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
c) menší, protože voda by odebírala více tepla okolnímu vzduchu a denní teploty by tedy byly nižší
d) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody

4) Rozhodněte, které z následujících tvrzení o molekulách ideálního plynu je správné.

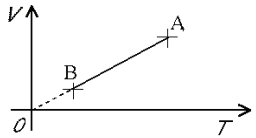
a) Hodnota potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je větší než hodnota celkové kinetické energie těchto molekul.
b) Při srážce molekuly ideálního plynu se stěnou nádoby se nemění velikost rychlosti molekuly.
c) Molekuly ideálního plynu na sebe při malých vzájemných vzdálenostech působí odpudivými silami, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivými silami.
d) Molekuly ideálního plynu na sebe navzájem nenarážejí.

5) V nádobě o objemu 10 litrů je dusík N_2 o hmotnosti 28 g a teplotě 27 °C. Jaký je jeho tlak? Dusík považujte za ideální plyn.

a) $2{,}5 \cdot 10^5$ Pa b) $2{,}2 \cdot 10^4$ Pa c) 249 Pa d) 22 Pa

Do záznamového listu uveďte postup řešení.

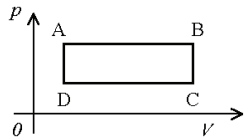
6) Na obrázku jsou ve *V-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B.



Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:

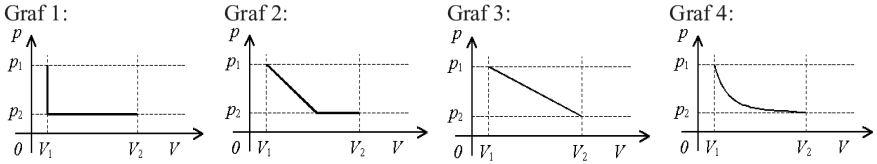
a) izotermickou kompresí
b) izobarickou kompresí
c) izobarickou expanzí
d) izochorickou kompresí

7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) DA - přijímá, BC - odevzdává, AB, CD - nedochází k tepelné výměně
c) AB - přijímá, CD - odevzdává, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) AB, DA - přijímá, BC, CD - odevzdává

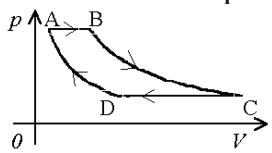
8) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal největší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

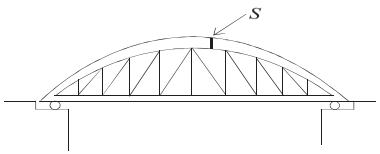
9) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

a) $T_A < T_B$, $T_B = T_C$
b) $T_A = T_B$, $T_B > T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_C = T_D$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$

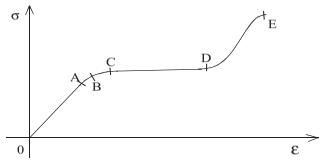
10) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.



V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:

a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem

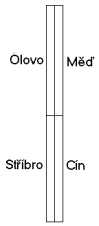
11) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.



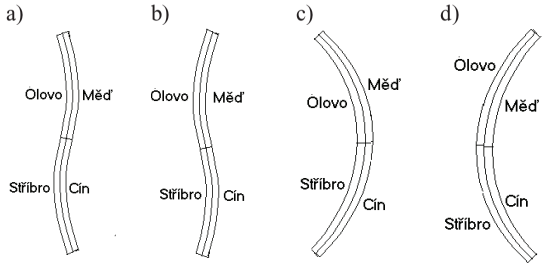
Rozhodněte, která část křivky vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

a) OA
b) OC
c) CD
d) OE

12) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – olova, mědi, stříbra a cínu (viz obrázek).

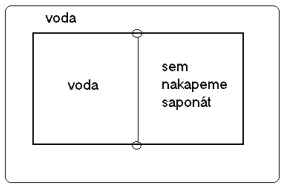


Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?



13) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do pravé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}, povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}.

a) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
b) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
c) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.



14) Čím je způsoben pokles hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární depresi?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu *S*. Protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*, působí na kapalinu v kapiláře vzduch větším tlakem než na hladinu kapaliny v širší části nádoby. Kapalina v kapiláře tedy sestoupí níže, než je hladina kapaliny v širší části nádoby .
b) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu *S*, působí na ni tedy malý tlak vzduchu *p*, protože tlak vzduchu *p* je nepřímo úměrný obsahu povrchu kapaliny *S*. Kapalina v kapiláře proto vytlačuje kapalinu v širší části nádoby vzhůru.
c) Kapalina v kapiláře má vypuklý povrch, pod kterým je vnitřní tlak větší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
d) Ve výšce, kam sestoupí kapalina v kapiláře, je vyšší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s klesající výškou roste.

15) Těleso kapalného skupenství o teplotě tuhnutí ztuhlo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Vzrostla.
b) Klesla.
c) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
d) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.

16) Může v zimě ubývat sněhu, i když je po celý den teplota vzduchu o mnoho nižší než 0 °C?

a) Ne, při takovéto teplotě tát nemůže a k sublimaci sněhu nedochází.
b) Ne, sněhu ubývá pouze když je jeho teplota vyšší než 0 °C.
c) Ano, ale pouze když svítí slunce, které dokáže zahřát vrchní vrstvu sněhu na teplotu tání.
d) Ano, sníh sice nemůže tát, ale sublimuje.

17) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Snížíme teplotu této soustavy. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část páry zkondenzuje a výsledná pára přestane být sytá.
b) Klesne tlak syté páry.
c) Klesne teplota páry a pára přestane být sytá.
d) Protože se jedná o sytou páru, při snížení teploty veškerá pára zkondenzuje.

Tabulka důležitých hodnot

	Cín	Hliník	Měď	Olovo	Stříbro	Dusík	Kyslík
A_r	119	27	64	207	108	14	16
α / 10^{-3} K^{-1}	0,027	0,024	0,017	0,029	0,019	-	-

A_r – relativní atomová hmotnost, α – součinitel teplotní délkové roztažnosti

Molekulová fyzika a termika
Varianta B

1) Na obrázku je graf závislosti velikosti výsledné síly *F* působící mezi dvěma částicemi na jejich vzájemné vzdálenosti *r*.

Jaký je maximální interval vzájemných vzdáleností (určený pomocí bodů 0, A, B, C) dvou částic takový, aby platilo, že částice se přitahují a velikost přitažlivé síly mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností?

a) AB b) 0A c) BC d) 0B

2) Skladník táhne po vodorovné podlaze smykem prázdnou bednu. Rozhodněte, které z následujících tvrzení vztahujících se k tomuto ději je správné.

a) Dojde ke zvýšení vnitřní energie bedny i povrchu podlahy.
b) Bedna koná práci, a proto podle 1. termodynamického zákona předá jisté teplo podlaze.
c) Bedna se pohybuje, a proto dojde ke zvýšení její vnitřní energie; podlaha je v klidu, její vnitřní energie se proto nezmění.
d) Dojde k zahřátí bedny i povrchu podlahy, protože si vzájemně předají teplo.

3) Představme si, že by mořská voda měla ještě mnohem větší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Rozdíly teplot vzduchu mezi dnem a nocí na mořském pobřeží by byly:

a) stejné, protože teplota vzduchu na pobřeží nezávisí na měrné tepelné kapacitě vody
b) menší, protože ve dne by se voda pomaleji ohřívala a v noci pomaleji chladla. Proto by voda ve dne více ochlazovala okolní vzduch a v noci ho více ohřívala.
c) stejné, voda by se sice od okolního vzduchu ve dne rychleji ohřála, ale tím by se vzduch ochladil, večer by se pak voda sice rychleji ochladila, ale o to více tepla by předala okolnímu vzduchu
d) větší, protože ve dne by se voda rychleji ohřála a neochlazovala by tolik okolní vzduch a večer by voda rychleji vychladla a v noci by tolik neohřívala okolní vzduch

4) Pro potenciální energii E_p molekul ideálního plynu a celkovou kinetickou energii E_K těchto molekul platí:

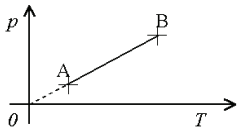
a) $0 < E_p < E_K$ b) $E_p > 0$ c) $E_p > E_K$ d) $E_p = 0$

5) V nádobě o objemu 15 litrů je kyslík O_2 o teplotě 35 °C a tlaku $1{,}6 \cdot 10^5$ Pa. Jaká je jeho hmotnost? Kyslík považujte za ideální plyn.

a) 264 g b) 264 kg c) 30 g d) 30 kg

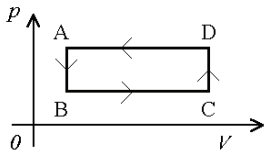
Do záznamového listu uveďte postup řešení.

6) Na obrázku jsou v *p-T* diagramu znázorněny dva stavy ideálního plynu označené A a B. Ze stavu A do stavu B se plyn může dostat:



a) izobarickým zvětšením objemu plynu
b) izobarickým zvýšením teploty plynu
c) izotermickým zvýšením tlaku plynu
d) izochorickým zvýšením teploty plynu

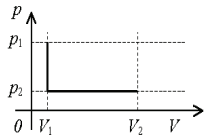
7) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem. Posloupnost stavů je ABCDA. Rozhodněte, ve kterých částech tohoto děje (AB, BC, CD a DA) plyn teplo přijímá, ve kterých částech děje plyn teplo odevzdává a ve kterých částech děje nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



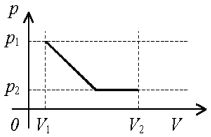
a) AB, BC - přijímá, CD, DA - odevzdává
b) AB, DA - odevzdává, BC, CD - přijímá
c) AB - odevzdává, CD - přijímá, BC, DA - nedochází k tepelné výměně
d) DA - odevzdává, BC - přijímá, AB, CD - nedochází k tepelné výměně

8) Ve čtyřech níže uvedených *p-V* diagramech jsou znázorněny děje s ideálním plynem.

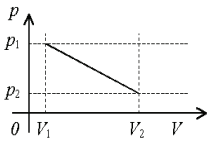
Graf 1:



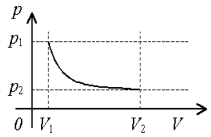
Graf 2:



Graf 3:



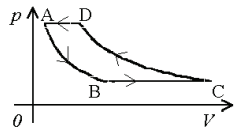
Graf 4:



Počáteční stav plynu je popsán veličinami V_1, p_1 a konečný stav veličinami V_2, p_2. Který graf znázorňuje přechod plynu z počátečního stavu do konečného stavu, při němž plyn vykonal nejmenší práci?

a) Graf 1 b) Graf 2 c) Graf 3 d) Graf 4

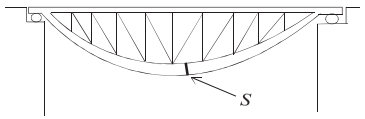
9) V *p-V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izobar a dvou izoterm. Posloupnost stavů je ABCDA.



Vyberte správné tvrzení o teplotách T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn ve stavech A, B, C, D.

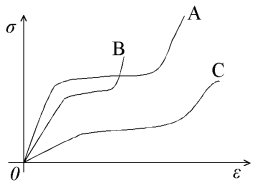
a) $T_A = T_D$, $T_B = T_C$
b) $T_A > T_B$, $T_B = T_C$
c) $T_A = T_B$, $T_B < T_C$
d) $T_C < T_D$, $T_D = T_A$

10) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*. V tomto místě řezu *S* je konstrukce namáhána hlavně:



a) ohybem
b) smykem
c) tlakem
d) tahem

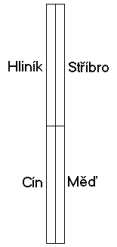
11) Na obrázku je křivka deformace tahem (závislost normálového napětí σ na relativním prodloužení ε) pro dráty ze tří různých materiálů A, B, C.



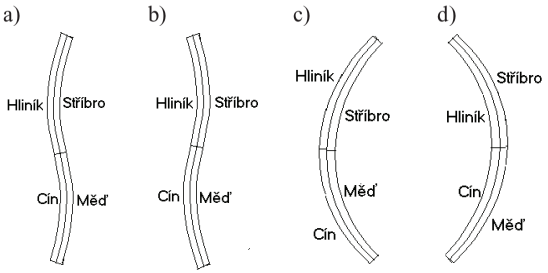
Který drát je vyroben z materiálu o nejmenším modulu pružnosti v tahu?

a) drát A
b) drát B
c) drát C
d) na základě tohoto grafu nelze rozhodnout

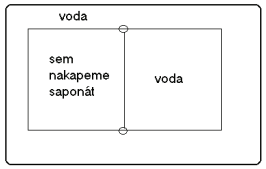
12) Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – hliníku, stříbra, cínu a mědi (viz obrázek).



Jaký získá pásek tvar, jestliže ho zahřejeme?



13) Na hladinu vody v nádobě umístíme rámeček s pohyblivou příčkou uprostřed a do levé poloviny rámečku kápneme několik kapek saponátu (viz obrázek). Na kterou stranu a proč se začne příčka pohybovat? Povrchové napětí saponátu ve styku se vzduchem je 25 mN · m^{-1}, povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN · m^{-1}.



a) Doprava, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.
b) Doprava, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
c) Doleva, protože voda, jejíž povrchové napětí je větší, působí na příčku větší silou ve snaze zvětšit svůj povrch.
d) Doleva, protože saponát, jehož povrchové napětí je menší, působí na příčku větší silou ve snaze zmenšit svůj povrch.

14) Čím je způsoben vzestup hladiny kapaliny v kapiláře při kapilární elevaci?

a) Kapalina v kapiláře má velmi malý obsah povrchu S, proto na ni působí velice malá tlaková síla vzduchu $F = pS$, vystoupí tedy výše než je hladina kapaliny v širší části nádoby.
b) Kapalina v kapiláře má dutý povrch, pod kterým je vnitřní tlak nižší než pod vodorovným povrchem kapaliny v širší části nádoby.
c) Kapalina v širší části nádoby má oproti kapalině v kapiláře velký obsah povrchu S, působí na ni tedy velká tlaková síla vzduchu $F = pS$, proto vytlačuje kapalinu v kapiláře vzhůru.
d) Ve výšce, kam vystoupí kapalina v kapiláře, je nižší atmosférický tlak, protože atmosférický tlak s rostoucí výškou klesá.

15) Těleso pevného skupenství o teplotě tání roztálo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Záleží na druhu látky, ze které je těleso vyrobeno.
b) Nezměnila se, protože se neměnila teplota tělesa.
c) Klesla.
d) Vzrostla.

16) Je nebo není možné a proč, aby venku uschlo vyprané prádlo, pokud je teplota vzduchu nižší než 0 °C?

a) Není to možné. Aby prádlo uschlo, voda se musí vypařit, a to není možné, protože zmrzne.
b) Je to možné. Voda obsažená v prádle sice zmrzne, ale vzniklý led sublimuje.
c) Není to možné. Voda zmrzne v led a led nesublimuje.
d) Je to možné, ale pouze pokud je dobře vyždímané, a tedy je v něm málo vody – ta se stačí vypařit dříve, než by mohla zmrznout.

17) V uzavřené nádobě je kapalina a její sytá pára. Izotermicky zvětšíme objem nádoby. Vyberte tvrzení, které správně charakterizuje nově nastolenou rovnováhu.

a) Část kapaliny se vypaří a pára nad kapalinou zůstane sytá.
b) Pára zvětší svůj objem a přestane být sytou.
c) Pára se ochladí a část jí zkondenzuje.
d) Sníží se tlak syté páry.

	Cín	Hliník	Měď	Olovo	Stříbro	Dusík	Kyslík
A_r	119	27	64	207	108	14	16
α / 10^{-3} K^{-1}	0,027	0,024	0,017	0,029	0,019	-	-

Tabulka důležitých hodnot

A_r – relativní atomová hmotnost, α – součinitel teplotní délkové roztažnosti

Záznamový list odpovědí
Molekulová fyzika a termika

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Adresa školy:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem takto:☒
V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď. **Hodnoty potřebných fyzikálních veličin jsou uvedeny v tabulce na konci zadání testu.**

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d

10	11	12	13	14	15	16	17
a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu. Sem také **uveďte <u>celý postup</u> řešení úlohy**, u které je v zadání napsáno „***Do záznamového listu uveďte postup řešení.***“.

Záznamový list odpovědí
Molekulová fyzika a termika

Varianta:			Počet bodů:
Jméno a příjmení:			Hodnocení:
Třída:	Datum:	Adresa školy:	

Do tabulky vyznačte správné odpovědi křížkem takto:☒
V případě, že zakřížkujete nesprávnou odpověď, políčko zabarvěte a vyznačte křížkem novou odpověď. **Hodnoty potřebných fyzikálních veličin jsou uvedeny v tabulce na konci zadání testu.**

Zvolené odpovědi

1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d	d

10	11	12	13	14	15	16	17
a	a	a	a	a	a	a	a
b	b	b	b	b	b	b	b
c	c	c	c	c	c	c	c
d	d	d	d	d	d	d	d

Potřebujete-li si k některé úloze udělat poznámky, pište je, prosím, níže, případně na druhou stranu tohoto listu. Sem také **uveďte <u>celý postup</u> řešení úlohy**, u které je v zadání napsáno „***Do záznamového listu uveďte postup řešení.***“.