Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tomáš Kekule

Testové úlohy z molekulové fyziky a termiky

Katedra didaktiky fyziky
Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jana Kolínská
Studijní program: Učitelství pro střední školy, matematika-fyzika

Děkuji RNDr. Janě Kolínské za cenné rady a připomínky, které mi poskytla při vypracování diplomové práce. Děkuji vyučujícím Gymnázia Benešov Mgr. Janě Šváchové a Mgr. Romanu Hronkovi, vyučujícím Gymnázia Kladno Mgr. Naděždě Míškové a Mgr. Věře Scheirichové a vyčujícímu Gymnázia Slaný RNDr. Vladimíru Kulichovi za prostor, který mi poskytli ve svých vyučovacích hodinách.

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

V Praze dne 11.4. 2003

Tomáš Kekule

Název práce: Testové úlohy z molekulové fyziky a termiky

Autor: Tomáš Kekule

Katedra: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jana Kolínská

E-mail vedoucího: Kolinska@cermat.cz

Abstrakt: Diplomová práce obsahuje soubory úloh ověřujících vědomosti a dovednosti studentů gymnázií z učiva z molekulové fyziky a termiky. Učivo je rozděleno do čtyř celků. Každému tematickému celku odpovídají dva soubory úloh. Úlohy byly ověřovány na vzorku studentů 2. ročníku čtyřletého a 6. ročníku osmiletého studia ze tří škol. Ze získaných dat byla provedena položková analýza. Nevyhovující úlohy byly na jejím základě upraveny. Úlohy svým obsahem odpovídají připravované společné části maturitní zkoušky. Součástí každého souboru je i vzorové řešení úloh.

V teoretické části práce jsou popsány nejdůležitější poznatky o testových úlohách a jejich ověřování.

Klíčová slova: molekulová fyzika, tvorba testových úloh, ověřování testových úloh

Title: Test Items For Molecular Physics and Thermodynamics

Author: Tomáš Kekule

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Jana Kolínská

Supervisor's e-mail address: Kolinska@cermat.cz

Abstract: The diploma work contains sets of items to measure knowledge and skills of grammar-school students in molecular physics and thermodynamics. The curriculum was split into four topics. Each topic corresponds to two sets of items. The items had been tried-out by students from seven classes of three grammar-schools, the item analysis was computed of obtained data. Unsuitable items have been updated. The items are corresponding to external part of final exam in grammar-schools which is being currently prepared. Each set also contains exemplary solutions of all items.

There is a summary of important knowledge in fields of test items and their examination in the theoretical part of the work.

Keywords: molecular physics, creation of test items, evaluation of test items

Obsah

Úvod …...…….6
1 Didaktický test ……8
1.1 Vlastnosti dobrého didaktického testu ….……8
1.2 Plánování testu ….……9
1.3 Návrh testových úloh ….……10
1.4 Ověřování testových úloh ……..16
2 Nová podoba maturitní zkoušky ……20
2.1 Katalogy požadavků ke společné části maturitní zkoušky ……21
3 Návrhy úloh a jejich ověření.. ……22
3.1 Konstrukce souborů úloh ……22
3.2 Ověření úloh …...……..22
3.3 Položková analýza ……..……..25
3.3.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina A 25
3.3.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina B 31
3.3.3 Soubor úloh: Plyny, Skupina A …..……..37
3.3.4 Soubor úloh: Plyny, Skupina B ……46
3.3.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina A ..…….54
3.3.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina B ….……..62
3.3.7 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina A ...……..69
3.3.8 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina B ……74
3.4 Stanovení obtížnosti úloh ..……..80
4 Úpravy úloh ...……85
4.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina A ……86
4.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina B ……86
4.3 Soubor úloh: Plyny, Skupina A ……86
4.4 Soubor úloh: Plyny, Skupina B ……86
4.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina A .. ……88
4.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina B .. ……88
4.7 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina A.. ……89
4.8 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina B . ..……89
5 Použití a charakteristiky souborů úloh ……91
5.1 Použití souborů úloh ……91

5.2 Charakteristiky souborů úloh ..…91
5.3 Navržené soubory úloh ……92
5.3.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina A .93
5.3.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina B .99
5.3.3 Soubor úloh: Plyny, Skupina A……106
5.3.4 Soubor úloh: Plyny, Skupina B ….……114
5.3.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina A . ……121
5.3.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina B ..……129
5.3.7 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina A .. ……137
5.3.8 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina B .. ……144
Závěr ..……151
Použitá literatura ……152
Příloha ……153

Úvod

V obecném povědomí lidí je výuka spjata hlavně s předáváním informací, a to jedním směrem - od učitele k žákovi. Pravdou je, že tato metoda výuky bývá dominantní a je samozřejmě nezbytná. Vyučování je však složitější proces, který zahrnuje nejen sdělování nových poznatků, ale také kontrolu množství a kvality osvojených vědomostí a dovedností. Komunikace mezi učitelem a žákem probíhá na třech základních úrovních. Prvotně učitel sděluje žákovi nové informace a dává mu pokyny, kterými řídí jeho činnost. Na druhou stranu žák učiteli sděluje, jak tyto nové poznatky přijal a zpracoval, informuje učitele o výsledcích jeho snažení. Na to reaguje opět učitel, a to hodnocením (obvykle spojeným s klasifikací), opravou žákových chyb, nebo i úpravou svých metod výkladu. Zjišťování úrovně osvojených vědomostí a dovedností a s tím spojené hodnocení je tedy nedílnou součástí výuky.

Na našich školách se ve většině případů užívá jako nástroj k realizaci zpětné vazby klasická ústní zkouška. Výhodou ústního zkoušení je osobní kontakt učitele a žáka. Při vzájemném rozhovoru učitel nejspíše odhalí pravý stav žákových vědomostí. Dílčí nedostatky ve vědomostech lze s pomocí učitele překlenout, při chybné odpovědi může učitel zjistit, zda se žák jen přeřekl, nebo opravdu vykazuje neznalost. Naproti tomu ústní zkouška je velice náročná na čas. Zkoušení jednoho žáka zabere běžně 10 - 15 minut. Objektivita hodnocení bývá velmi malá, je všeobecně známo, že učitel nehodnotí zdaleka jen vědomosti a dovednosti, ale celkový dojem, kterým na něj žák působí. Do hodnocení ústního zkoušení i sebelepší učitel promítá (často nevědomě) své sympatie či antipatie k žákovi, jeho předchozí výsledky, apod. Neexistují pevné normy, a proto hodnocení různých učitelů se mohou velice lišit. To je samozřejmě problémem při srovnávání žáků z různých škol, např. při přestupu na vyšší typ školy.

Vhodným doplňkem pro ústní zkoušení může být kvalitní didaktický test, který mnoho výše uvedených nedostatků ústního zkoušení odstraňuje. Velkou výhodou testu je jeho malá časová náročnost. Za oněch 10 - 15 minut, po které ústně zkoušíme jednoho žáka, může být otestována celá třída. Učitel ocení i nízkou náročnost na přípravu zkoušky formou testu (samozřejmě pokud si test nevytváří sám), snadné zadávání a vyhodnocování. To se týká hlavně testů vytvářených odborníky a předem vyzkoušených na dostatečně reprezentativním vzorku žáků - standardizovaných testů, které jsou opatřeny i přesnými pokyny pro klasifikaci práce. Kvalitní didaktické testy lze označit za spravedlivější než ústní zkoušení právě kvůli tomu, že jejich hodnotící kritéria jsou předem pevně stanovena a nepromítá se do nich vztah

učitele a žáka. Většina žáků je při testu vystavena menšímu stresu než při ústním zkoušení, během něhož žák stojí sám u tabule před celou třídou. V neposlední řadě jsou žáci svými výsledky v testu porovnáváni v širším měřítku než jen v rámci třídy.

Testy mají samozřejmě i nevýhody. Nikdy nemohou nahradit onen zmiňovaný osobní kontakt a žáci se při nich neučí samostatnému slovnímu projevu. Přemíra používání testů může být kontraproduktivní pro slabší žáky, kteří v nich dosahují horších výsledků. Na takové žáky pak příliš časté zkoušení a z toho plynoucí časté špatné hodnocení působí demotivačně, žák začíná mít pocit, že jeho snaha je zbytečná.

Uvážíme-li tedy všechny výhody i nevýhody, lze se domnívat, že dobře připravený didaktický test do výuky patří a je žádoucí tento druh zkoušky kombinovat se zkouškou ústní, a to vše v rozumné míře.

V rámci své diplomové práce jsem sestavoval soubory testových úloh z molekulové fyziky a termiky.

V první teoretické části práce se zabývám stručně i teorií didaktických testů, přestože sestavit didaktický test nebylo mým úkolem. Domnívám se však, že by nebylo žádoucí, aby autor konstruoval testové úlohy, aniž by byl seznámen s tím, co to vlastně didaktický test je a jaké jsou jeho význačné vlastnosti. Je tedy namístě zdůraznit, že jsem konkrétně vypracovával pouze analýzu vlastností testových úloh, nikoli analýzu vlastností testu, protože mnou vypracované soubory úloh didaktickými testy nejsou.

Druhá kapitola stručně popisuje nové pojetí maturitní zkoušky, jemuž svým obsahem sestavené úlohy odpovídají.

Položková analýza byla provedena na základě pilotáže úloh na vzorcích čítajících 90 až 100 studentů ze třech gymnázií a je popsána ve třetí části diplomové práce.

Položková analýza vždy odhalí jisté nejasnosti či nepřesnosti v zadání úloh, a proto se po jejím provedení nevhodně zadané úlohy dále upravují. Tyto úpravy jsou obsahem čtvrté části práce.

V páté kapitole jsou uvedeny možnosti využití úloh a popsány jejich důležité vlastnosti.

1 Didaktický test

Slovo test si vykládají různí lidé různě a často dochází ke zužování či naopak rozšiřování významu tohoto slova. Jak je uvedeno v [1], význačnou charakteristikou testů, kterým říkáme didaktické, je orientace na objektivní zjišťování úrovně zvládnutí obsahu učiva. V [2] je didaktický test definován jako nástroj systematického zjišťování (měření) výsledků výuky. Testování je tedy jedním z významných a potřebných způsobů zkoušení ve škole, který se od ostatních zkoušek liší především zvýšeným důrazem na objektivitu, kontrolovanou účelnost a odůvodněnost jednotlivých kroků přípravy zkoušení i hodnocení výsledků. Dle [1] má dobrý test následující vlastnosti:

- *je objektivní* – výsledek testování je plně závislý na testovaném a testu a nezávislý na testujícím
- *je validní* – měří skutečně ten výkon, tu činnost, pro něž byl vytvořen a použit
- *je reliabilní* – spolehlivý a přesný, výsledky měření jsou stabilní při opakovaném zadání testu stejnému nebo ekvivalentnímu vzorku testovaných
- *je ekonomický*, pokud jde o čas testovaného i testujícího i pokud jde o vynaložené finanční prostředky v porovnání s kvalitou a množstvím informací, které přináší

1.1 Vlastnosti dobrého didaktického testu

Objektivita

Objektivita je asi nejvýraznější charakteristikou testu oproti jiným druhům zkoušek. Pokud nejsou porušena stanovená pravidla pro zadávání a vyhodnocování testu, testující nemůže dojít pro daného žáka k jiným závěrům v hodnocení než jiný testující. Předem jsou pevně stanovena kritéria hodnocení, které nemůže být zkoušejícím zkreslováno ani v pozitivním, ani v negativním smyslu. V tomto ohledu je rozdíl mezi didaktickým testem a ústní zkouškou více než zřejmý. Objektivitě testu je podřízena celá jeho konstrukce. Jednoznačná musí být formulace otázek i pravidla pro jejich hodnocení, jednoznačné musí být instrukce pro zadávání testu i jeho celkové hodnocení.

Validita

Validní (platný) je test, který zkouší skutečně to, co má být zkoušeno. U testů studijních výsledků je rozhodující, nakolik se shoduje obsah testu s cílem a obsahem výuky. Obsah úloh didaktického testu by měl být v tomto případě reprezentativním vzorkem

zkoušeného učiva. Posuzování validity testů studijních předpokladů je podstatně složitější, je totiž nutno zvážit, z jakých schopností je možno usuzovat na budoucí úspěšnost ve studiu. Žádný test nedosahuje absolutní validity, v praxi měříme její stupeň.

Reliabilita

Reliabilita testu vypovídá o jeho přesnosti a spolehlivosti. Čím má test vyšší reliabilitu, tím méně se v jeho výsledcích odrážejí náhodné vlivy. Studentův výsledek v testu totiž závisí nejen na jeho skutečných vědomostech a dovednostech, ale také na náhodných vlivech jako jsou fyzická i psychická kondice, vnější podmínky, apod. Jelikož zkoušíme studentovy vědomosti a dovednosti, jde nám o to, aby výsledky testu byly těmito náhodnými vlivy co nejméně zasaženy. Test, který takové výsledky poskytuje, má vysokou reliabilitu.

Reliabilitu testu zvyšují zvláště následující dvě konstrukční pravidla:

- Úlohy v testu se vztahují ke společnému tématu. K jejich vyřešení tedy zkoušený potřebuje mít podobné schopnosti, a může tím tedy dokázat, že jeho případný izolovaný omyl byl náhodný.
- Test obsahuje dostatečný počet položek. Čím větší je počet příležitostí, při kterých může testovaný předvést své schopnosti, tím více se zvyšuje pravděpodobnost, že jeho výkon není náhodný.

Míra reliability testu se posuzuje podle tzv. koeficientu reliability. Ten nabývá hodnot od 0 (naprosto nespolehlivý a nepřesný test) až po hodnoty blízké 1 (spolehlivý a přesný test). Pro dobrý test se v pedagogické diagnostice obvykle požaduje minimální koeficient reliability 0,8. (Test musí obsahovat alespoň deset úloh.)

Ekonomičnost

Dobrý test znamená výraznou úsporu času jak pro studenty, tak pro učitele. Po finanční stránce je test samozřejmě náročnější než např. ústní zkoušení, tato náročnost je však vyvážena rozsahem a kvalitou takto získaných informací.

1.2 Plánování testu

Prvotně je třeba zamyslet se nad účelem testu. Po jeho stanovení sestavíme rámcový obsah, který je třeba upřesnit tak, aby bylo jasné, co a jak mají jednotlivé úlohy zkoušet a

kolik jich má být. K tomuto účelu se používá tzv. technika specifikační tabulky nebo technika seznamu výukových cílů.

Specifikační tabulka upřesňuje, jaká úroveň osvojení učiva má být jednotlivými úlohami zkoušena. 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. Sestavování specifikační tabulky začíná určením struktury testovaného učiva. Učivo se rozdělí na dílčí témata a každému tématu se přisuzuje určitá váha, 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 (obvykle ne více než jedna vyučovací hodina). 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. Nyní je u každé úlohy třeba uvážit, jakou úroveň osvojení poznatků má zkoušet. Z hlediska kvality osvojovaných vědomostí je pochopitelně žádoucí preferovat vyšší úrovně osvojení.

Naplánování testu technikou seznamu výukových cílů spočívá v tom, že si autor sepíše seznam konkrétních vědomostí a dovedností, které by měl žák zvládnout. 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.

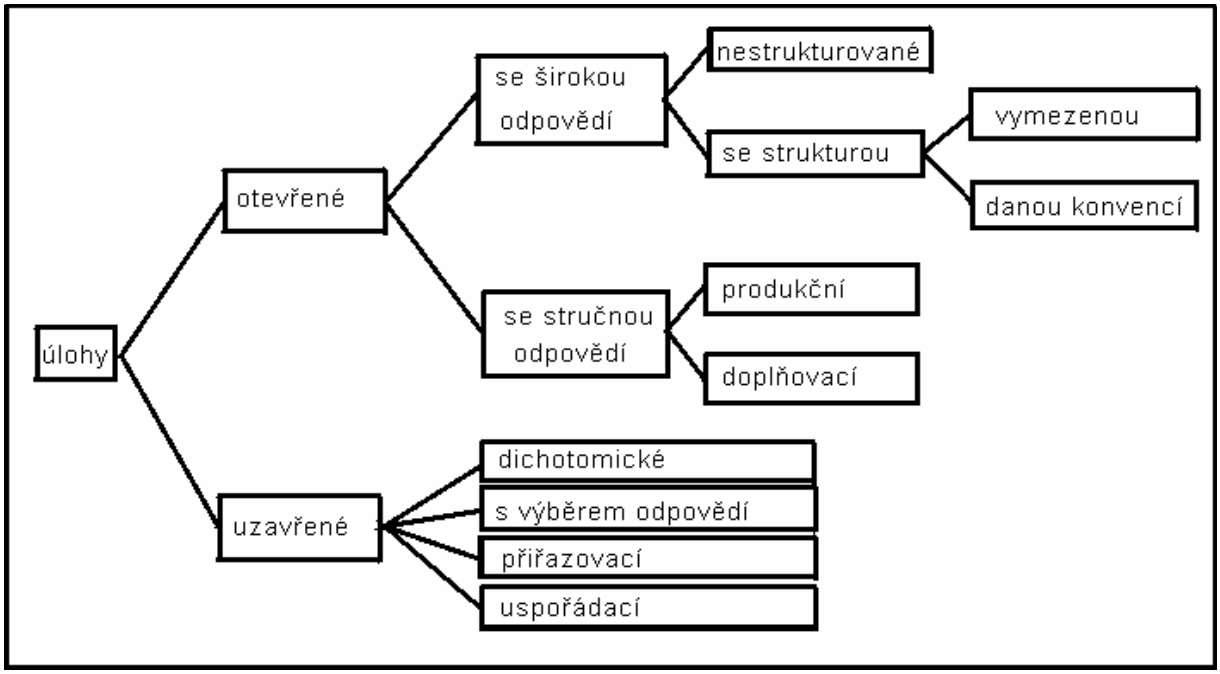
1.3 Návrh testových úloh

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 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 testových úloh má svoje vlastnosti, výhody i nevýhody. Na autorovi testu je, který druh

úloh při testování použije. Základní rozdělení testových úloh ukazuje Tabulka 1.1. (Převzato z [2].)

Tabulka 1.1: *Základní druhy testových úloh*



Otevřené úlohy

1. Otevřené úlohy se širokou odpovědí

V těchto druzích úloh žák formuluje vlastní rozsáhlejší odpověď. Její podoba může být buď zcela ponechána na žákovi (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 žák 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 a vyšších 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. Testy sestavené z širokých otevřených úloh se často nazývají esej testy.

2. Úlohy se stručnou odpovědí

Úlohy se stručnou odpovědí požadují na žákovi vlastní krátkou odpověď. Tou může být jedno slovo, číslo, vzorec, apod. jako odpověď na otázku položenou v zadání úlohy (úlohy produkční) nebo žák 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 žák nemůže uhádnout odpověď tak lehce jako u úloh s výběrem odpovědi. Velkou nevýhodou těchto úloh je, že v některých případech může žák odpovědět jen částečně správně nebo zcela správně, ale jinak, než si představoval autor testu.

Uzavřené úlohy

1. Dichotomické úlohy

V dichotomické úloze se žákovi nabízejí dvě možné odpovědi, z nichž jedna je správná. Často se v těchto úlohách odpovídá ano - ne, správně - nesprávně, apod. Výhodou je, že se snadno navrhují, nevýhodou je vysoká pravděpodobnost (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 než u hladiny. ano – ne

2. Úlohy s výběrem odpovědí

Tento typ úloh je v testech nejčastěji používán. Úloha obsahuje kmen (zadání úlohy) a několik alternativ (odpovědí), z nichž žák 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 žákovi, aby vybral odpověď, která nejlépe či nejpřesněji vystihuje situaci. Pro žáky bývají tyto úlohy velice obtížné.

Příklad (Převzato z [2].): Které z následujících tvrzení nejlépe odpovídá na otázku: „Co je chemický prvek?“

a) Prvek je látka, která se skládá z atomů stejného druhu.

b) Prvek je látka, kterou již dále nelze dělit.

c) Prvek je látka složená z atomů, které mají stejné protonové číslo.

d) Žádné z předchozích tvrzení není správné.

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

Příklad: Která z následujících rovnic **není** stavovou rovnicí ideálního plynu ?

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. žák neoznačí všechny správné alternativy, ale jen některé.)

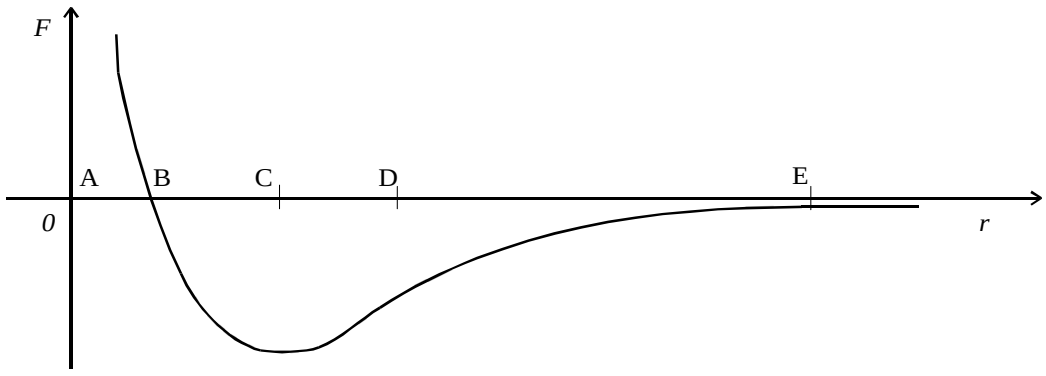
Příklad: Při izotermické expanzi:

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.

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 skórování. Tyto úlohy lze rychle a přehledně zpracovat a přitom 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 žákem 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. V současné době nabízí většina úloh čtyři odpovědi.

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

3. Přiřazovací úlohy

Přiřazovací úlohy obsahují dvě množiny pojmů, žák 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 přiřaďte správně tvrzení z pravého sloupce.

izotermická expanze	Plyn přijímá teplo, koná práci.
adiabatická expanze	Plyn odevzdává teplo, koná práci.
izotermická komprese	Plyn nevyměňuje teplo s okolím, vnější síly konají práci na něm.
adiabatická komprese	Plyn odevzdává teplo, vnější síly konají práci na něm.
	Plyn nevyměňuje teplo s okolím, koná práci.
	Plyn přijímá teplo, vnější síly konají práci na něm.

4. Uspořádací úlohy

Tyto úlohy od žáka 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.

Pokud je prvků k seřazení méně než pět, doporučuje se hodnotit zcela správnou odpověď jedním bodem, všechny ostatní odpovědi nulou bodů.

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.

1.4 Ověřování testových úloh

Navrhnout hned napoprvé dokonalé testové úlohy se nedaří ani zkušeným autorům. I přes sebevětší pozornost, kterou přípravě úloh věnujeme, nemůžeme přesně vědět, jak se budou úlohy jevit studentům. První představu o vlastnostech úloh můžeme získat až po prvním vyzkoušení (ověření úloh) na vzorku žáků. Po tomto prvním ověření se mohou ukázat nedostatky úloh, které je třeba na základě získaných informací opravit. Je třeba všímat si, zda studenti volili všechny nabízené distraktory (v uzavřených úlohách), zda příliš mnoho studentů úlohu nevynechalo, jak velkou má úloha úspěšnost, atd.

Kvalita ověření úloh závisí samozřejmě na počtu studentů, kteří se ověřování účastní. U standardizovaných didaktických testů se obvykle požaduje ověření na vzorku 300 – 500 studentů. Vytváří-li si ovšem učitel nestandardizovaný test sám pro svou potřebu, stačí ověřit ho ve své třídě nebo v několika paralelních třídách své školy.

Ke zjišťování vlastností úloh se užívá především stanovení obtížnosti a citlivosti úlohy a rozbor nenormovaných odpovědí.

Analýza vlastností testových položek

Touto analýzou zjišťujeme vlastnost úloh pomocí odpovědí testovaných žáků.

Obtížnost úlohy

Obtížnost úlohy přímo souvisí s počtem žáků, kteří danou úlohu řešili správně. Určujeme hodnotu obtížnosti Q a index obtížnosti P. Hodnota obtížnosti udává procento žáků v testovaném vzorku, kteří danou úlohu zodpověděli nesprávně anebo ji vynechali.

Platí:

$$Q = 100 \frac{n_{\mathrm{n}}}{n} \ \%,$$

kde Q je hodnota obtížnosti, n_{n} počet žáků, kteří odpověděli nesprávně nebo neodpověděli, n je celkový počet testovaných žáků.

Index obtížnosti je procento žáků ve skupině, kteří danou úlohu zodpověděli správně. Platí:

$$P = 100 \frac{n_{\mathrm{s}}}{n} \ \%,$$

Kde P je index obtížnosti, n_{s} počet žáků ve skupině, kteří odpověděli správně, n je celkový počet žáků ve skupině.

Mezi obtížností a indexem obtížnosti tedy platí vztah:

$$Q = 100 \ \% - P.$$

Velmi obtížná úloha má tedy vysokou hodnotu obtížnosti Q a nízký index obtížnosti P. V poslední době se vžilo posuzování úloh hlavně podle hodnoty obtížnosti Q. Obtížnost úlohy vyjádřená slovy je uvedena v Tabulce 1.2.

Tabulka 1.2: *Obtížnost úloh*

Q[%]	*Úloha*
0 - 20	Velmi snadná
21 - 40	Snadná
41 - 60	Středně obtížná
61 - 80	Obtížná
81 - 100	Velmi obtížná

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.

Citlivost úlohy

Citlivost úlohy udává, jak dalece úloha rozlišuje žáky s většími a menšími vědomostmi. Vysoce citlivou úlohu řeší úspěšně dobří žáci a neúspěšně žáci slabší. Pro určení, kdo je lepší a kdo horší, se používá výsledek celého testu. Žákům jsou za jejich výkon v testu přiděleny body, podle kterých se sestupně napíší do tabulky. Nyní se horní polovina tabulky označí za žáky lepší a dolní polovina za horší. Je-li žáků dostatečné množství, stačí počítat např. s třetinou nejlepších a s třetinou nejhorších žáků. Následně se posuzuje, kolik žáků 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 koeficient citlivosti, tím lépe úloha rozlišuje dobré a slabé žáky. Koeficient citlivosti blížící se –1 znamená, že úlohu řeší úspěšně spíše žáci slabší než dobří. Koeficient citlivosti 0 znamená, že úloha vůbec nerozlišuje dobré a slabé žáky.

Analýza nenormovaných odpovědí

Provést analýzu nenormovaných odpovědí znamená provést rozbor odpovědí vynechaných a nesprávných.

Rozbor vynechaných odpovědí: Vynechané odpovědi mohou znamenat nejen neznalost učiva, ale také nepochopení zadání, nedostatek času na vypracování, apod. Zvýšenou

pozornost je třeba věnovat otevřeným úlohám, na které neodpovědělo 30 % – 40 % žáků a uzavřeným úlohám, na které neodpovědělo více než 20 % žáků.

Rozbor nesprávných odpovědí: 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 odstraněn a nahrazen distraktorem novým, atraktivnějším. V ideálním případě by žák, který odpověď nezná, měl volit mezi distraktory více méně náhodně. Formulace takto kvalitních distraktorů je asi největším problémem při konstrukci úloh s výběrem odpovědí.

U otevřených úloh můžeme žákovské chyby rozdělit na hlavní a vedlejší. Hlavní chyby jsou způsobeny skutečnou neznalostí učiva, zatímco vedlejší chyby různými náhodnými vlivy jako jsou přehlédnutí, numerická chyba, nepřesnost, 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.

2 Nová podoba maturitní zkoušky

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. Konkrétní podoba reformy byla stanovena v dokumentu [5], který schválilo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy v říjnu 2000 a který byl platný v době zadání této diplomové práce. 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“.

Nový model maturity je dvousložkový. Maturita se má skládat ze dvou částí: společné (externí) a školní (interní). Obě části jsou vzájemně rovnocenné a na sobě nezávislé. Nutnou podmínkou získání úplného středního vzdělání je úspěšné vykonání obou částí maturity.

Školní část zkoušky nečeká žádná výrazná změna oproti stávajícímu stavu. Společná část se měla skládat ze tří povinných zkoušek, a sice z českého jazyka a literatury, cizího jazyka a volitelného předmětu. Pod volitelným předmětem byla zamýšlena volba mezi matematikou a občanským a společenskovědním základem. Fyziku mohl student volit jako nepovinný předmět. Tato podoba maturitní zkoušky je zakotvena v dokumentu [5]. Ten také předpokládal první maturity v nové podobě v roce 2004. Dnes je však jasné, že v tomto termínu se nová maturita neuskuteční a schvalovacími řízeními procházejí další návrhy na její změny. Ty poslední hovoří o větší nabídce volitelných předmětů v povinné části zkoušky. Fyzika však zatím zůstává jako nepovinný předmět a její postavení se pravděpodobně měnit nebude.

Zkoušky společné části mají probíhat formou státem garantovaných didaktických testů, jejichž účelem je ověřit, do jaké míry student splňuje cílové požadavky stanovené v tzv. katalozích požadavků.

V době psaní této diplomové práce však není jasné, kdy a v jaké podobě se nová maturita nakonec uskuteční.

2.1 Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky [4]

Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky z daného předmětu je dokument, ve kterém jsou stanoveny požadavky kladené na maturanta v daném předmětu. Základními částmi katalogu jsou:

- vymezení cílových kompetencí
- stanovení tematických okruhů
- vymezení specifických cílů

Dále se budu zabývat Katalogem požadavků – fyzika. Cílové kompetence představují strukturu znalostí a dovedností charakteristických pro daný předmět. Cílové kompetence pro fyziku jsou tak rozděleny do čtyř kategorií:

A – osvojení poznatků a porozumění

B – aplikace poznatků a řešení problémů

C – pozorování, experimentování a měření

D – komunikace

Tematické okruhy jsou stanoveny v souladu s obvyklým členěním výuky fyziky ve školách.

Specifické cíle jsou hlavní částí katalogu. Představují vlastní požadavky ke společné části maturitní zkoušky. Jsou promítnutím cílových kompetencí 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.

Cílové kompetence pro fyziku, tematické okruhy a specifické cíle příslušné tematickému okruhu Molekulová fyzika a termika jsou uvedeny v Příloze.

3 Návrhy úloh a jejich ověření

3.1 Konstrukce souborů úloh

Hlavním úkolem mé diplomové práce bylo sestavit soubory úloh ověřujících vědomosti a dovednosti gymnaziálních studentů z učiva molekulové fyziky a termiky. Pro potřeby sestavení souborů bylo učivo rozděleno do čtyř celků:

- základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo
- plyny
- pevné látky a kapaliny
- změny skupenství

Každému celku pak odpovídají dva soubory úloh (Skupina A, Skupina B). V jednotlivých skupinách se zpravidla vyskytují různé úlohy, pouze v několika případech bylo využito podobné úlohy (např. stejné zadání s jinou otázkou). Mou snahou bylo, aby obě skupiny úloh byly přibližně stejně obtížné.

V souborech se objevují úlohy s výběrem odpovědi (ze 3, 4 nebo 5 alternativ), úlohy dichotomické a otevřené úlohy se stručnou nebo širokou odpovědí. Ke každému souboru byl vytvořen záznamový list, do kterého studenti vyplňovali své odpovědi. Až na několik výjimek úlohy odpovídají cílům uvedeným v [4].

Nezbytnou pomůckou k řešení jsou Matematické, fyzikální a chemické tabulky [6] (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. Vhodnou pomůckou k řešení je kalkulačka.

3.2 Ověření úloh

Pro důvěryhodné výsledky je třeba provádět ověřování úloh na co největším vzorku studentů. Podařilo se mi zajistit testování celkem v sedmi třídách na třech středočeských gymnáziích - v Benešově, v Kladně a ve Slaném. V Benešově mé respondenty tvořili studenti 2. ročníku čtyřletého gymnázia a studenti tříd Sexta A a Sexta B osmiletého gymnázia. Gymnázium Kladno mi poskytlo prostor k realizaci pilotáže ve třídách 2.A a 2.B čtyřletého studia a ve Slaném řešili úlohy studenti třídy 2.A čtyřletého gymnázia a studenti třídy Sexta A osmiletého gymnázia. Vzhledem k tomu, že soubory úloh jsou kvůli omezení opisování vypracovány pro daný tematický celek ve dvou variantách, úlohy z jednoho

souboru řešila v každé třídě asi polovina studentů. Získaná data u každé úlohy tak pocházejí od devadesáti až sta studentů.

Pro ilustraci času, po který se testovaní studenti věnují fyzice, uvádím hodinovou dotaci fyziky na dotyčných školách v 1. až 4. ročníku čtyřletého studia. (Pro třídy osmiletého studia platí stejná hodinová dotace pro kvintu až oktávu.)

Gymnázium Benešov

1. – 3. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída) + 2 hodiny jednou za tři týdny (třetina třídy; fyzika se střídá s chemií a biologií v předmětu s názvem Přírodovědná cvičení)

4. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída), zájemci mohou volit Seminář a cvičení z fyziky, který probíhá každý týden 2 hodiny

Gymnázium Kladno

1. – 3. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída) + 2 hodiny jednou za dva týdny (polovina třídy), ve 3. ročníku mohou zájemci volit dvouletý Seminář z fyziky, který má vymezenou dotaci 2 hodiny týdně

4. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída), zájemci mohou volit jednoletý Seminář z fyziky, který probíhá 2 hodiny týdně

Gymnázium Slaný

1. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída)

2. a 3. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída) + 2 hodiny jednou za dva týdny (polovina třídy)

4. ročník: 2 hodiny týdně (celá třída), zájemci mohou volit Seminář z fyziky, který probíhá každý týden 2 hodiny

Ve druhém ročníku, ke kterému se vztahují mé soubory úloh, tedy studenti tráví týdně fyzikou průměrně $2\frac{2}{3}$ hodiny v Benešově, 3 hodiny v Kladně a 3 hodiny ve Slaném.

Soubory úloh byly zadávány v průběhu školního roku 2001/2002 ve dnech, které si určili vyučující fyziky ve druhých ročnících na uvedených školách. Úlohy byly zadávány v určitém časovém odstupu od probrání příslušné kapitoly, ke které se vztahují. Studenti byli předem vyučujícím informováni o termínu testování. Soubory byly zadávány na začátku vyučovací hodiny a čas na vypracování každého byl omezen na 25 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 velký zájem. Vždy nejdéle do následujícího testování byly vyučujícímu osobně předány nebo zaslány jmenovité výsledky jeho studentů nebo porovnání výsledků jednotlivých úloh jeho třídy s ostatními šesti třídami. Vyučující se hlavně zajímali o porovnání uvedených tří škol.

Konkrétně byly soubory úloh zadávány takto:

Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo:

6. 12. 2001 Kladno 2.B
10. 12. 2001 Kladno 2.A
12. 12. 2001 Slaný 2.A, Sexta A
17. 12. 2001 Benešov 2., Sexta A, Sexta B

Plyny:
18. 2. 2002 Benešov 2., Sexta A, Sexta B
25. 2. 2002 Kladno 2.A
27. 2. 2002 Slaný 2.A, Sexta A
28. 2. 2002 Kladno 2.B

Pevné látky, kapaliny:
15. 4. 2002 Benešov 2., Sexta A, Sexta B
17. 4. 2002 Slaný 2.A, Sexta A
21. 5. 2002 Kladno 2.A, 2.B

Změny skupenství:
13. 5. 2002 Benešov 2., Sexta A, Sexta B
15. 5. 2002 Slaný 2.A, Sexta A
28. 5. 2002 Kladno 2.A, 2.B

3.3 Položková analýza

Následující kapitoly obsahují položkovou analýzu jednotlivých souborů úloh. Pro přehlednost je vždy nejdříve uvedeno zadání úlohy tak, jak bylo skutečně zadáváno při pilotáži. Následuje tabulka četností odpovědí studentů. U uzavřených úloh je v tabulce označena správná odpověď symbolem *. Vpřípadě otevřených úloh obsahuje tabulka kódy odpovědí a pod tabulkou je uveden kódový klíč. Poté vždy následuje slovní komentář.

3.3.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo Skupina A

(1) Uveďte, zda daná soustava je nebo není v rovnovážném stavu:
- **1.1) tající kostka ledu**
- **1.2) voda v hrnci postaveném na zapnutém vařiči**
- **1.3) plyn v uzavřené adiabatické tlakové nádobě**

Tabulka 3.1: *Odpovědi na úlohu 1.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Je	11	11,7
Není *	82	87,2
Celkem	93	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	94	100

Tabulka 3.2: *Odpovědi na úlohu 1.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Je	10	10,6
Není *	84	89,4
Celkem	94	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	94	100,0

Tabulka 3.3: *Odpovědi na úlohu 1.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Je *	82	87,2
Není	11	11,7
Celkem	93	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	94	100,0

Komentář k úlohám 1.1, 1.2, 1.3: Téměř všichni studenti se snažili odpovědět na položené otázky, počet chybějících odpovědí je minimální. Počty správných odpovědí naznačují, že většině studentů je pojem rovnovážného děje jasný.

(2) Difuze probíhá:

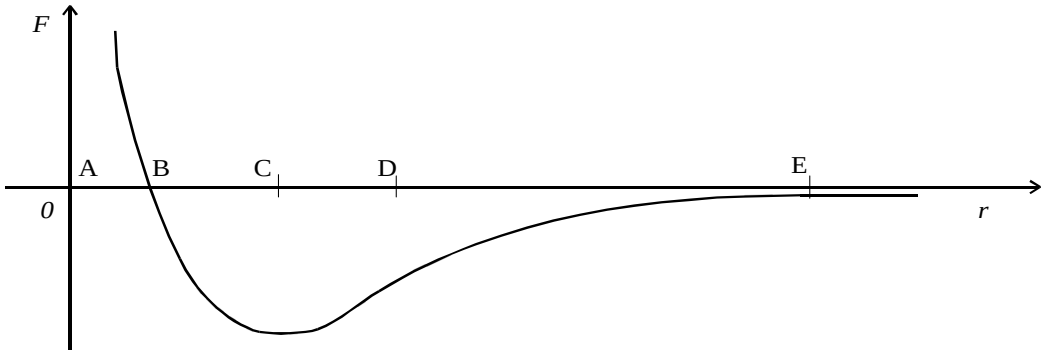
a) pouze v plynech; v kapalinách a v pevných látkách neprobíhá
b) pouze v kapalinách; v plynech a v pevných látkách neprobíhá
c) v plynech a v kapalinách; v pevných látkách neprobíhá
d) v plynech, kapalinách i v pevných látkách

Tabulka 3.4: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,5
b	5	5,3
c	58	61,7
d *	22	23,4
Celkem	93	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	94	100,0

Komentář k úloze 2: Výsledek úlohy patrně odráží skutečnost, že většina studentů si difuzi dokáže představit jen v plynech a v kapalinách. Ve škole se demonstrace difuze z pochopitelných důvodů provádí pouze v látkách kapalných a plynných. Přestože [3] výslovně uvádí, že difuze probíhá ve všech skupenstvích, zřejmě se tento fakt dostatečně nezdůrazňuje. Po napsání testu při rozboru výsledků se studenty byla většina z nich tímto faktem značně překvapena, i když se difuze v pevných látkách zmiňuje již v učebnici pro 6. ročník základní školy [8].

(3) 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:

3.1) Částice se přitahují a přitažlivá síla mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností.
3.2) Částice se přitahují a přitažlivá síla mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností.

Tabulka 3.5: *Odpovědi na úlohu 3.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
BC *	25	26,6
AB	10	10,6
AC	4	4,3
CD	5	5,3
CE	34	36,2
DE	4	4,3
ostatní nesprávné	3	3,2
Celkem	85	90,4
Chybí odpověď	9	9,6
Celkem	94	100,0

Tabulka 3.6: *Odpovědi na úlohu 3.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
CE *	24	25,5
AB	5	5,3
AC	22	23,4
BC	20	21,3
DE	7	7,4
ostatní nesprávné	5	5,3
Celkem	83	88,3
Chybí odpověď	11	11,7
Celkem	94	100,0

Komentář k úloze 3.1: Nejčastější chybou bylo uvedení intervalu CE. Studenti neumí správně interpretovat jednotlivé části grafu, patrně je pro ně obtížné představit si, že v oblasti přitažlivých sil se využívá osy opačně orientované. Pokud pominou tuto skutečnost, v oblasti CE křivka roste, což je nejspíše příčinou většiny nesprávných odpovědí.

Komentář k úloze 3.2: Interpretace výsledku úlohy může být podobná úloze 3.1. Odpověď BC pravděpodobně volili ti, kteří nedokáží „přetočit“ graf (opačně orientovaná osa síly), zatímco odpověď AC ti studenti, kteří nejspíš nechápou význam křivky (nerozlišují oblasti přitažlivých a odpudivých sil) a zvolili interval, kde křivka klesá. Z rozhovoru s vyučujícími jsem zjistil i jejich zcela rozdílné názory na tento graf. Dle vyučujících na Gymnáziu Kladno se jedná o okrajovou záležitost, kterou studentům příliš nevysvětlují. Vyučující na Gymnáziu Benešov označili tento graf za velmi důležité učivo. Avšak ani studentům, jimž je graf zdůrazňován, není jeho interpretace příliš jasná.

(4) Představme si, že by voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Pak by platilo:

4.1) Voda v hrnci na vařiči by se začala vařit:

a) za kratší dobu
b) za delší dobu
c) za stejnou dobu

4.2) Teplotní rozdíly mezi dnem a nocí blízko mořského pobřeží by byly:

a) větší
b) menší
c) stejné

4.3) Rozdíly ve výkyvech teplot (den – noc) na mořském pobřeží a ve vnitrozemí by byly:

a) větší
b) menší
c) stejné

Tabulka 3.7: *Odpovědi na úlohu 4.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a *	63	67,0
b	26	27,7
c	5	5,3
Celkem	94	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	94	100,0

Tabulka 3.8: *Odpovědi na úlohu 4.2*

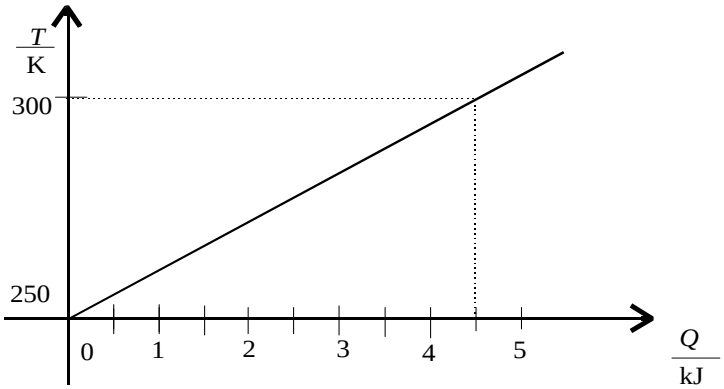
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a *	51	54,3
b	28	29,8
c	15	16,0
Celkem	94	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	94	100,0

Tabulka 3.9: *Odpovědi na úlohu 4.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	37	39,4
b *	36	38,3
c	20	21,3
Celkem	93	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	94	100,0

Komentář k úlohám 4.1, 4.2, 4.3: Přestože výsledky úloh 4.1 a 4.2 ukazují, že většina studentů chápe význam měrné tepelné kapacity, úloha 4.3 již byla zřejmě dost obtížná. Zde výsledky ukazují spíše na náhodnou volbu.

(5) Určete měrnou tepelnou kapacitu tělesa o hmotnosti m = 2 kg, znáte-li graf závislosti teploty T tohoto tělesa na teplu Q, které těleso přijalo.



Tabulka 3.10: *Odpovědi na úlohu 5*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %
1	25	26,6
2	9	9,6
3	32	34,0
4	19	20,2
Celkem	85	90,4
Chybí odpověď	9	9,6
Celkem	94	100,0

Kódový klíč:

1 – uvedení vztahu $Q = cm\Delta T$ nebo přímo $c = \frac{Q}{m\Delta T}$, pak dosazování nesprávných hodnot

2 – uvedení potřebného vztahu, dosazení správných hodnot, nesprávně numericky vypočteno

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 5: Na rozdíl od jiných otevřených úloh se o řešení pokoušeli téměř všichni studenti, zřejmě zadání úlohy nevypadá příliš obtížně. Za vedlejšími chybami stojí špatné čtení z grafu na ose T - studenti nebrali v potaz, že v počátku grafu je hodnota 250 K, nikoli 0 K. Svoji roli sehrály pravděpodobně i „přehmaty“ na kalkulačce.

(6) Kolik atomů obsahuje železná krychlička o délce hrany *a* = 1 mm?

Tabulka 3.11: *Odpovědi na úlohu 6*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	8	8,5	17,8
2	1	1,1	2,2
3	13	13,8	28,9
4	23	24,5	51,1
Celkem	45	47,9	100,0
Chybí odpověď	49	52,1	
Celkem	94	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení potřebných vztahů $N = n \,.\, N_A$, $n = \frac{m}{M_m}$, $M_m = M_r \,.\, 10^{-3}$ kg · mol^{-1} v různých podobách

2 – uvedení potřebných vztahů, dosazení správných hodnot, nesprávně numericky vypočteno

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 6: Řešení úlohy neuvedlo více než 50 % studentů, ke zcela správnému výsledku jich dospělo méně než 30 %. Zjištěná skutečnost svědčí o tom, že pojmy jako molární hmotnost, látkové množství, relativní molekulová hmotnost, apod. nejsou jasné většině studentů. Přitom uvedené pojmy používá i chemie.

3.3.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo Skupina B

(1) Uveďte, zda daný děj lze považovat za rovnovážný:

1.1) tlení spadlého stromu v lese

1.2) výbuch

1.3) var vody

Tabulka 3.12: *Odpovědi na úlohu 1.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Lze*	49	55,1
Nelze	38	42,7
Celkem	88	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	89	100,0

Tabulka 3.13: *Odpovědi na úlohu 1.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Lze	7	7,9
Nelze*	81	91,0
Celkem	88	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	89	100,0

Tabulka 3.14: *Odpovědi na úlohu 1.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Lze	62	69,7
Nelze*	26	29,2
Celkem	88	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	89	100,0

Komentář k úlohám 1.1, 1.2, 1.3: Zatímco u úlohy 1.1 a přesvědčivě u úlohy 1.2 byla většina odpovědí správná, poněkud překvapující výsledek měla úloha 1.3. Téměř 70 % studentů odpovědělo, že var vody lze považovat za rovnovážný děj. V [3] je definován rovnovážný děj jako řada na sebe navazujících rovnovážných stavů. Dále rovnovážný stav jako stav, ve kterém jsou stavové veličiny konstantní. Domnívám se tedy, že studenti uvažovali jako jedinou stavovou veličinu teplotu, která při varu skutečně konstantní je, a to vedlo k výše uvedenému výsledku.

(2) V jednom rohu místnosti otevřeme voňavku. Rozhodněte, které z následujících tvrzení je správné:

A) Za jistou dobu je voňavka cítit i v druhém rohu místnosti, ale jen tehdy, proudí-li vzduch v místnosti.

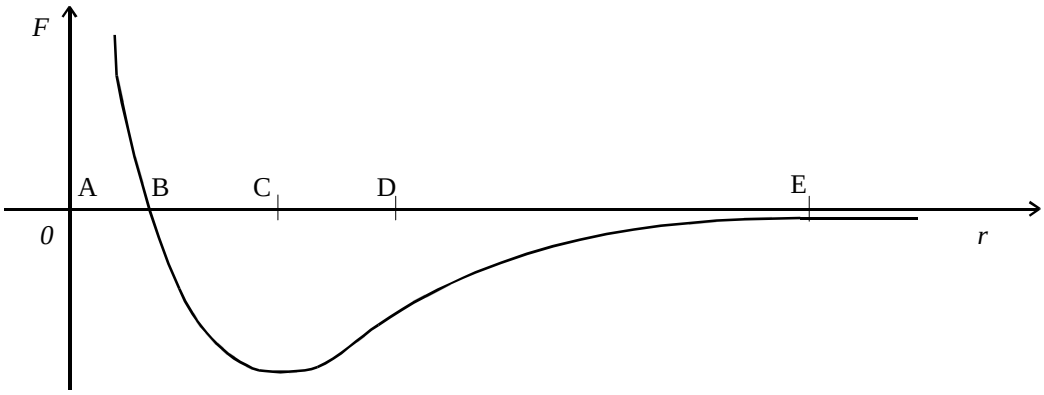
B) Za jistou dobu je voňavka cítit i v druhém rohu místnosti, i když vzduch v místnosti neproudí.

Tabulka 3.15: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
A	17	19,1
B*	72	80,9
Celkem	89	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	89	100,0

Komentář k úloze 2: Počet studentů, kteří odpověděli správně, svědčí o skutečnosti, že většině studentů je jasný jev difuze v plynném skupenství.

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



3.1) Pomocí bodů vyznačených v grafu (A, B, C, D, E) určete maximální interval vzdáleností dvou částic tak, aby platilo, že částice se odpuzují.

3.2) V jaké vzájemné vzdálenosti jsou dvě částice, které se nacházejí v rovnovážné poloze (výsledná síla, kterou na sebe částice navzájem působí, je nulová)?

a) ve vzdálenosti A
b) ve vzdálenosti B
c) ve vzdálenosti C
d) ve vzdálenosti D
e) ve vzdálenosti E

3.3) V jaké vzájemné vzdálenosti musí být dvě částice, aby se přitahovaly maximální silou?

a) ve vzdálenosti A
b) ve vzdálenosti B
c) ve vzdálenosti C
d) ve vzdálenosti D
e) ve vzdálenosti E

Tabulka 3.16: *Odpovědi na úlohu 3.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
AB*	31	34,8
AC	5	5,6
BD	7	7,9
BE	20	22,5
CE	8	9,0
ostatní nesprávné	8	9,0
Celkem	79	88,8
Chybí odpověď	10	11,2
Celkem	89	100,0

Tabulka 3.17: *Odpovědi na úlohu 3.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	7	7,9
b*	57	64,0
c	6	6,7
d	3	3,4
e	11	12,4
Celkem	84	94,4
Chybí odpověď	5	5,6
Celkem	89	100,0

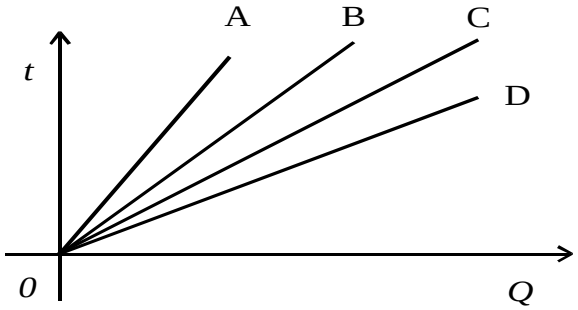
Tabulka 3.18: *Odpovědi na úlohu 3.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	25	28,1
b	13	14,6
c*	37	41,6
d	0	0,0
e	11	12,4
Celkem	86	96,6
Chybí odpověď	3	3,4
Celkem	89	100,0

Komentář k úlohám 3.1, 3.2, 3.3: Dle četnosti odpovědi BE v úloze 3.1 lze usuzovat, že velká část studentů zaměňuje v grafu oblast přitažlivých a odpudivých sil. Tomuto výkladu odpovídá i nejčetnější nesprávná odpověď v úloze 3.3 (A). Pro určení rovnovážné polohy

(úloha 3.2) jako průsečíku křivky s osou *r* není podstatné, jestli student správně rozlišuje v grafu oblast přitažlivých a odpudivých sil. Většina odpovědí je proto správná.

(4) Na obrázku jsou grafy závislostí teplot *t* těles A, B, C, D na dodaném teplu *Q*.



4.1) Největší tepelnou kapacitu má:

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

4.2) Jsou-li tělesa A a B vyrobena ze stejného materiálu, jaké tvrzení platí o hmotnostech těchto těles?

a) Hmotnosti obou těles jsou stejné.
b) Hmotnost tělesa A je větší než hmotnost tělesa B.
c) Hmotnost tělesa A je menší než hmotnost tělesa B.
d) Na základě uvedených údajů nelze o vzájemné velikosti hmotností těles A a B rozhodnout.

Tabulka 3.19: *Odpovědi na úlohu 4.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	19	21,3
b	1	1,1
c	11	12,4
d*	57	64,0
Celkem	88	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	89	100,0

Tabulka 3.20: *Odpovědi na úlohu 4.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	3	3,4
b	19	21,3
c*	49	55,1
d	17	19,1
Celkem	88	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	89	100,0

Komentář k úloze 4.1: S řešením úlohy si věděla rady nadpoloviční většina studentů, i když nezanedbatelný počet volil i varianty a) a c). Distraktor b) není příliš atraktivní. Domnívám se, že studenty, kteří grafu nerozumí, ovlivňovalo to, že mezi uvedenými úsečkami nemá úsečka B žádnou význačnou vlastnost. Úsečky A a D mají mezi uvedenými úsečkami extrémní směrnice (jsou „na kraji") a úsečka C je ze všech úseček nejdelší.

Komentář k úloze 4.2: Distraktor a) zavrhla většina studentů. Ti, kteří nedokázali přijít na správnou odpověď, volili celkem rovnoměrně distraktory b) a d). Zvláště překvapující je, že distraktor d) zvolila téměř pětina dotazovaných. Na základě svých vlastních zkušeností se domnívám, že ve všeobecném povědomí studentů je, že odpovědi tohoto typu se v úlohách obvykle zařazují jen „do počtu".

(5) Při tlaku 10^5 Pa dusík vře při teplotě 77 K.

5.1) Jakou hodnotu ve °C má teplota varu dusíku za daného tlaku?

5.2) Dá se tato teplota změřit rtuťovým teploměrem?

Tabulka 3.21: *Odpovědi na úlohu 5.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně -196, popř. -196,15	60	67,4
Nesprávně 350, popř. 350,15	13	14,6
Jinak nesprávně	13	14,6
Celkem	86	96,6
Chybí odpověď	3	3,4
Celkem	89	100,0

Tabulka 3.22: *Odpovědi na úlohu 5.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Ano	12	13,5
Ne*	77	86,5
Celkem	89	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	89	100,0

Komentář k úloze 5.1: Převod teploty z K na °C a opačně činí studentům problémy. Nejčastější chybou bylo použití nesprávného vztahu $\{t\} = \{T\} + 273$, objevily se však i značně neobvyklé výsledky jako $t = 0{,}0028$ °C, $t = -193{,}29$ °C, $t = 78$ K, $t = 21\,032{,}55$ °C.

Komentář k úloze 5.2: Studenti by měli k určení správné odpovědi použít MFChT. Teplota tání rtuti je -39 °C, teplota varu rtuti je 357 °C. Ve výsledcích úlohy hrálo pravděpodobně velkou roli hádání.

(6) Jakou hmotnost má $3 \cdot 10^{25}$ molekul tetrachlormetanu (CCl_4)?

Tabulka 3.23: *Odpovědi na úlohu 6*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	4	4,5	5,7
2	2	2,2	2,9
3	13	14,6	18,6
4	2	2,2	2,9
5	21	23,6	30,0
6	28	31,5	40,0
Celkem	70	78,7	100,0
Chybí odpověď	19	21,3	
Celkem	89	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení potřebných vztahů $N = n \cdot N_A$, $n = \frac{m}{M_m}$, $M_m = M_r \cdot 10^{-3}$ kg · mol^{-1} v různých podobách

2 – uvedení potřebných vztahů, dosazení správných hodnot, nesprávně numericky vypočteno

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – uvedení $M_m = M_r = 152$ kg · mol^{-1} a dále správný postup

5 – nesprávné postupy a výsledky

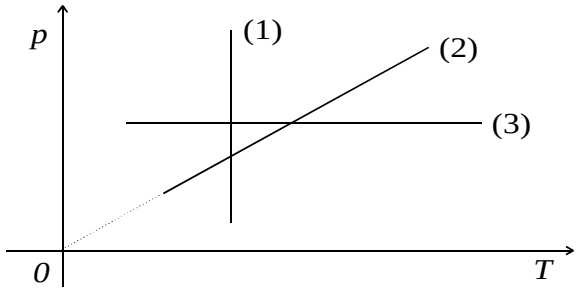
6 – správný výpočet molární hmotnosti tetrachlormetanu a dále nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 6: Ve srovnání s jinými otevřenými úlohami (především pak s podobně zaměřenou úlohou ve Skupině A) je zde velmi malý počet zcela chybějících odpovědí. Počet úspěšných řešitelů je však podobný jako v již zmíněné úloze ve Skupině A (úloha 6).

3.3.3 Soubor úloh: Plyny

Skupina A

(1) Na obrázku je *p*-*T* diagram ideálního plynu.



1.1) Úsečka (1) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

1.2) Úsečka (2) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

1.3) Úsečka (3) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

Tabulka 3.24: *Odpovědi na úlohu 1.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	78	81,3
b	7	7,3
c	10	10,4
d	0	0,0
Celkem	95	99,0
Chybí odpověď	1	1,0
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.25: *Odpovědi na úlohu 1.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	2	2,1
b	3	3,1
c*	77	80,2
d	13	13,5
Celkem	95	99,0
Chybí odpověď	1	1,0
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.26: *Odpovědi na úlohu 1.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	9	9,4
b*	84	87,5
c	2	2,1
d	1	1,0
Celkem	96	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	96	100,0

Komentář k úlohám 1.1, 1.2 1.3: Tyto úlohy byly, jak plyne z výsledků, snadné. U chybných odpovědí dost možná hrála roli nepozornost - studenti zaměnili daný diagram za *p*-*V* diagram, se kterým se setkávají mnohem častěji. Této hypotéze odpovídá především výsledek úlohy 1.1 – úsečku (1) považovalo za izochoru přes 10 % studentů. Izoterma, izochora a izobara jsou studentům rozhodně známější než adiabata. Taktéž jsou studentům mnohem známější úsečky rovnoběžné s osami diagramu. V úlohách 1.1 a 1.3 tak adiabata nabízená v distraktoru d) získala minimální podporu. Naproti tomu v úloze 1.2, která se ptala na úsečku v poněkud neobvyklejší poloze, zvolilo 13,5 % studentů méně známou adiabatu.

(2) Při izobarickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti platí:

a) tlak plynu je přímo úměrný teplotě plynu
b) tlak plynu je nepřímo úměrný teplotě plynu
c) objem plynu je přímo úměrný teplotě plynu
d) objem plynu je nepřímo úměrný teplotě plynu

Tabulka 3.27: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	11	11,5
b	11	11,5
c*	49	51,0
d	24	25,0
Celkem	95	99,0
Chybí odpověď	1	1,0
Celkem	96	100,0

Komentář k úloze 2: Správnou odpověď volila téměř přesně polovina dotazovaných. Nesprávné odpovědi vznikly podle mého názoru následujícím způsobem. Distraktor d) volili ti, kteří vidí za izobarickým dějem rovnici $\frac{V}{T}$ = konst., ale nedokáží ji interpretovat slovně. Teplota *T* ve jmenovateli pak evokuje u těchto studentů nepřímou úměru. Odpovědi a) a b) pak rovnoměrně volili ti, kteří vědí pouze to, že v izobarickém ději nějak významně vystupuje tlak plynu.

(3) Účinnost tepelného motoru:

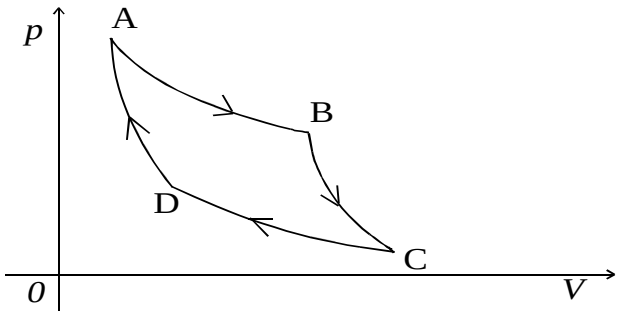
a) nezávisí na rozdílu teplot ohřívače a chladiče
b) je tím větší, čím větší je rozdíl teplot ohřívače a chladiče
c) je tím větší, čím menší je rozdíl teplot ohřívače a chladiče

Tabulka 3.28: *Odpovědi na úlohu 3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	14	14,6
b*	38	39,6
c	43	44,8
Celkem	95	99,0
Chybí odpověď	1	1,0
Celkem	96	100,0

Komentář k úloze 3: Četnosti odpovědí potvrzují, že studentům není zcela jasný vztah mezi účinností tepelného motoru a teplotami ohřívače a chladiče. Většina studentů odpověděla nesprávně, přestože vztah pro účinnost tepelného motoru bylo možné najít i v MFChT ve tvaru $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$. Je samozřejmě též možné, že i při znalosti tohoto vztahu byla pro některé studenty jeho interpretace příliš obtížná.

(4) V *p*-*V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izoterm a dvou adiabat.



4.1) Určete interval(-y), ve kterém (kterých) plyn:

a) je stlačován
b) se rozpíná
c) odevzdává teplo do okolí
d) přijímá teplo od okolí

4.2) V záznamovém listu doplňte relační znaménka (<, ≤, >, ≥, =) k teplotám T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn v bodech A, B, C, D v grafu.

Tabulka 3.29: *Odpovědi na úlohu 4.1a*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (CD, DA)	32	33,3
Nesprávně	64	66,7
Celkem	96	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.30: *Odpovědi na úlohu 4.1b*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (AB, BC)	32	33,3
Nesprávně	64	66,7
Celkem	96	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.31: *Odpovědi na úlohu 4.1c*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (CD)	14	14,6
Nesprávně	80	83,3
Celkem	94	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.32: *Odpovědi na úlohu 4.1d*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (AB)	10	10,4
Nesprávně	83	86,5
Celkem	93	96,9
Chybí odpověď	3	3,1
Celkem	96	100,0

Komentář k úlohám 4.1: V úlohách 4.1a-d nijak významně nepřevažovaly určité nesprávné odpovědi, proto tabulka rozlišuje jen správné a nesprávné odpovědi. Nesprávné odpovědi zahrnují jak nesprávné určení intervalu, tak uvedení jen jednoho intervalu v úlohách a) a b). Velmi malá úspěšnost úloh c) a d) může mít příčinu v tom, že studenti zaměňovali izotermy s adiabatami, přestože [3] uvádí, že adiabata je strmější než izoterma.

Část záznamového listu k úloze 4.2:

4.2) Relační znaménko doplňte vždy mezi dvě teploty na jednom řádku.

T_A _____ T_B

T_B _____ T_C

T_C _____ T_D

T_D _____ T_A

Tabulka 3.33: *Odpovědi na úlohu 4.2a*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (T_A=T_B)	25	26,0
Nesprávně	69	71,9
Celkem	94	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.34: *Odpovědi na úlohu 4.2b*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (T_B>T_C)	45	46,9
Nesprávně	49	51,0
Celkem	94	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.35: *Odpovědi na úlohu 4.2c*

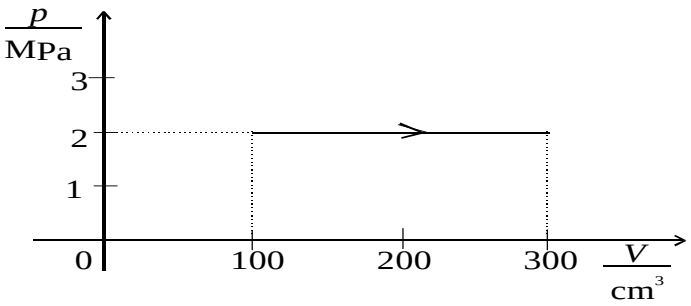
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (T_C=T_D)	20	20,8
Nesprávně	74	77,1
Celkem	94	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	96	100,0

Tabulka 3.36: *Odpovědi na úlohu 4.2d*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Správně (T_D<T_A)	50	52,1
Nesprávně	45	46,9
Celkem	95	99,0
Chybí odpověď	1	1,0
Celkem	96	100,0

Komentář k úlohám 4.2: Rovněž výsledky této úlohy vypovídají o tom, že úvahy o tepelných a teplotních poměrech při dějích v plynu jsou pro studenty obtížné.

(5) Určete práci vykonanou plynem při ději, který je znázorněn v *p*-*V* diagramu.



Tabulka 3.37: *Odpovědi na úlohu 5*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	17	17,7	22,7
2	1	1,0	1,3
3	43	44,8	57,3
4	14	14,6	18,7
Celkem	75	78,1	100,0
Chybí odpověď	21	21,9	
Celkem	96	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení potřebného vztahu $W = p\Delta V$, popř. slovní vyjádření (Práce je číselně rovna obsahu plochy pod grafem.)

2 – uvedení potřebného vztahu, dosazení správných hodnot, nesprávně numericky vypočteno

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 5: Otevřená úloha, která má oproti ostatním poměrně nízkou četnost chybějících odpovědí a vysokou četnost správných odpovědí.

(6) V nádobě o objemu V = 10 l je dusík N_2 o hmotnosti m = 28 g a teplotě t = 27 °C. Jaký je jeho tlak? (Dusík v tomto případě považujeme za ideální plyn.)

Tabulka 3.38: *Odpovědi na úlohu 6*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	33	34,4	55,0
2	7	7,3	11,7
3	20	20,8	33,3
Celkem	60	62,5	100,0
Chybí odpověď	36	37,5	
Celkem	96	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení stavové rovnice

2 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

3 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 6: Úloha vyžaduje běžný výpočet ze stavové rovnice, přesto ji vyřešilo velice málo studentů a hodně se jich do řešení vůbec nepustilo. Řešitelé často zaměňovali hmotnost dusíku s jeho molární hmotností, tj. do stavové rovnice ve tvaru $pV = \frac{m}{M_m} RT$ dosadili ve tvaru $pV = \frac{m}{m} RT$ (většina studentů neřešila obecně, ale rovnou numericky, uvedená chyba tedy pro ně pravděpodobně nebyla na první pohled tak zřejmá). Možná

k tomu vedl fakt, že molární hmotnost dusíku není v textu přímo uvedena (úkolem bylo vyjádřit ji pomocí MFChT), což není zcela běžné.

(7) O kolik % je nutno zvýšit tlak plynu uzavřeného v nádobě stálého objemu, aby jeho teplota vzrostla o 35 %?

Tabulka 3.39: *Odpovědi na úlohu 7*

Odpověď	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
Správná	44	45,8	65,7
Nesprávná	23	24,0	34,3
Celkem	67	69,8	100,0
Chybí odpověď	29	30,2	
Celkem	96	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Komentář k úloze 7: Na otázku neuvedlo odpověď přes 30 % studentů, mnozí z nich se pravděpodobně nad úlohou ani nezamysleli. Naproti tomu téměř 66 % z těch, kteří řešili, bylo úspěšných.

(8) Ideálnímu plynu bylo izochoricky dodáno teplo 2,5 kJ.
8.1) Vykonal plyn nějakou práci? Pokud ano, jakou?
8.2) Změnila se jeho vnitřní energie? Pokud ano, jak?

Tabulka 3.40: *Odpovědi na úlohu 8.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
Ano	18	18,8	25,7
Ne*	52	54,2	74,3
Celkem	70	72,9	100,0
Chybí odpověď	26	27,1	
Celkem	96	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Tabulka 3.41: *Odpovědi na úlohu 8.2*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
Ano 1*	15	15,6	25,0
Ano 2	3	3,1	5,0
Ano 3	22	22,9	36,7
Ano 4	10	10,4	16,7
Ne	10	10,4	16,7
Celkem	60	62,5	100,0
Chybí odpověď	36	37,5	
Celkem	96	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

Ano 1* - uvedení odpovědi: Ano, zvýšila se o 2,5 kJ.

Ano 2 – uvedení odpovědi: Ano, zvýšila se o: *nesprávná hodnota.*

Ano 3 – uvedení odpovědi: Ano, změnila se o 2,5 kJ.

Ano 4 – uvedení odpovědi: Ano.

Ne – uvedení odpovědi: Ne.

Komentář k úlohám 8.1, 8.2: Podobně jako jiné otevřené úlohy vykazují tyto obvyklou velkou četnost chybějících odpovědí (úloha 8.1 27,1 % a 8.2 dokonce 37,5 %). V úloze 8.2 druhou největší četnost po správné odpovědi má odpověď Ano 3. Zajímavé by bylo zjistit, kolik studentů považovalo tuto odpověď za dostatečnou a kolik jich takto odpovědělo proto, že nevědělo, zda se energie snížila nebo zvýšila. Protože z formulace otázky není jasné, požadujeme-li jen kvalitativní nebo i kvantitativní odpověď, v kapitole 4.3 je uveden návrh na úpravu zadání úlohy.

3.3.4 Soubor úloh: Plyny

Skupina B

(1) Většinu skutečných plynů můžeme považovat za ideální při:

a) dostatečně vysokých teplotách a dostatečně nízkých tlacích
b) dostatečně vysokých teplotách a dostatečně vysokých tlacích
c) dostatečně nízkých teplotách a dostatečně nízkých tlacích
d) dostatečně nízkých teplotách a dostatečně vysokých tlacích

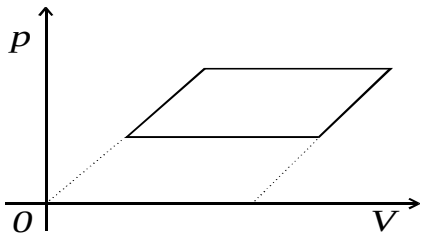
Tabulka 3.42: *Odpovědi na úlohu 1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	36	39,6
b	26	28,6
c	11	12,1
d	17	18,7
Celkem	90	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	91	100,0

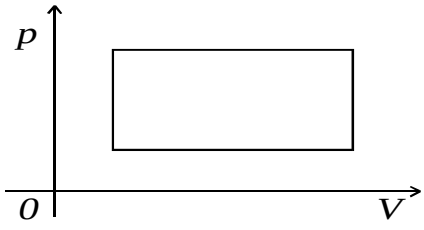
Komentář k úloze 1: Úloha samozřejmě nezjišťuje, zda student danému problému rozumí. Správně odpovědět může i ten, kdo si tuto skutečnost prostě pouze zapamatoval. Domnívám se, že většina studentů, kteří odpověděli správně, si tento fakt pamatuje, než aby na něj přišli úvahou. Správně odpovědělo necelých 40 % studentů. Všechny distraktory se jeví jako vhodné.

(2) Který graf odpovídá kruhovému ději složenému ze dvou izobarických a dvou izochorických dějů?

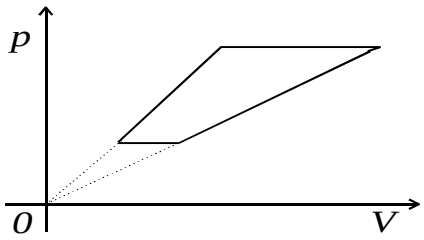
a)



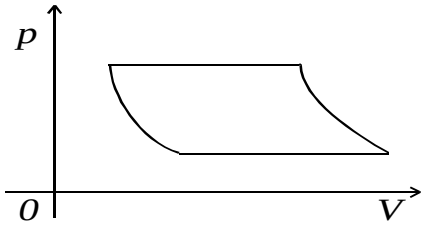
b)



c)



d)



Tabulka 3.43: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	4	4,4
b*	80	87,9
c	0	0,0
d	7	7,7
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 2: Soudě podle výsledků byla úloha velice jednoduchá, distraktor c) dokonce nezvolil ani jeden student. Pravděpodobně i studenti, kteří neznali správnou odpověď b), vybírali obrazce s dvěma dvojicemi stejných křivek.

(3) Pro potenciální energii E_p soustavy molekul ideálního plynu platí:

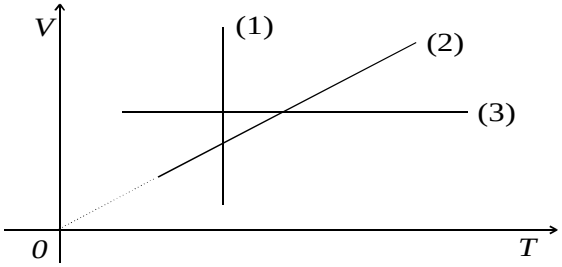
a) $E_p > E_k$, kde E_k je celková kinetická energie soustavy molekul ideálního plynu.
b) $E_p > 0$
c) $E_p = 0$
d) $0 < E_p < E_k$

Tabulka 3.44: *Odpovědi na úlohu 3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	23	25,3
b	6	6,6
c*	40	44,0
d	19	20,9
Celkem	88	96,7
Chybí odpověď	3	3,3
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 3: Výsledky jsou velice podobné výsledkům úlohy (1). Taktéž správnou odpověď si lze buď pamatovat jako poučku nebo odvodit ze znalostí jiných vlastností ideálního plynu.

(4) Na obrázku je *V-T* diagram ideálního plynu.



4.1) Úsečka (1) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
a) izochoru
b) adiabatu

4.2) Úsečka (2) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

4.3) Úsečka (3) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

Tabulka 3.45: *Odpovědi na úlohu 4.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	74	81,3
b	6	6,6
c	9	9,9
d	2	2,2
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Tabulka 3.46: *Odpovědi na úlohu 4.2*

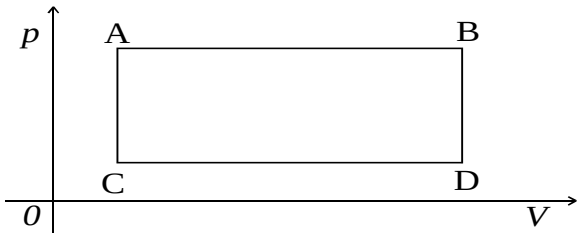
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	4	4,4
b*	65	71,4
c	9	9,9
d	13	14,3
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Tabulka 3.47: *Odpovědi na úlohu 4.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	7	7,7
b	8	8,8
c*	73	80,2
d	3	3,3
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Komentář k úlohám 4.1, 4.2, 4.3: Úlohy mají podobné výsledky jako analogická úloha 1 ve Skupině A. Největší potíže činila úsečka (2) (úloha 4.2), která není rovnoběžná ani s jednou z os souřadné soustavy. Bez zajímavosti není fakt, že na všechny tři úlohy odpovídali všichni studenti.

(5) V *p*-*V* diagramu je znázorněn kruhový děj s plynem.



5.1) Během děje AB:
- a) plyn teplo přijímá
- b) plyn teplo odevzdává
- c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

5.2) Během děje BC:
- a) plyn teplo přijímá
- b) plyn teplo odevzdává
- c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

5.3) Během děje CD:
- a) plyn teplo přijímá
- b) plyn teplo odevzdává
- c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

5.4) Během děje DA:
- a) plyn teplo přijímá
- b) plyn teplo odevzdává
- c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

Tabulka 3.48: *Odpovědi na úlohu 5.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	60	65,9
b	14	15,4
c	17	18,7
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Tabulka 3.49: *Odpovědi na úlohu 5.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	12	13,2
b*	44	48,4
c	31	34,1
Celkem	87	95,6
Chybí odpověď	4	4,4
Celkem	91	100,0

Tabulka 3.50: *Odpovědi na úlohu 5.3*

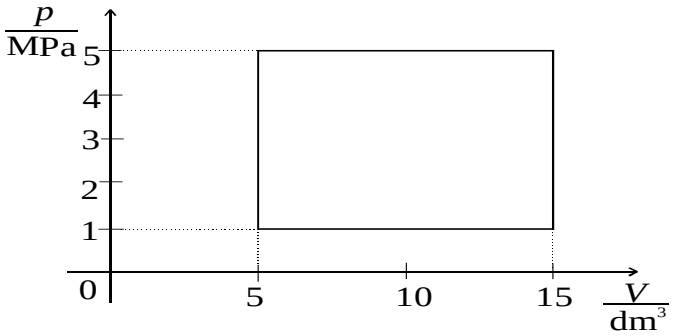
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	18	19,8
b*	56	61,5
c	15	16,5
Celkem	89	97,8
Chybí odpověď	2	2,2
Celkem	91	100,0

Tabulka 3.51: *Odpovědi na úlohu 5.4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	37	40,7
b	28	30,8
c	9	9,9
Celkem	84	92,3
Chybí odpověď	7	7,7
Celkem	91	100,0

Komentář k úlohám 5.1, 5.2, 5.3, 5.4: Tepelné poměry při kruhovém ději nejsou studentům příliš jasné, o tom vypovídá i úloha 4 ve Skupině A. Za povšimnutí stojí podstatně vyšší úspěšnost v odpovědích na úlohy 5.1 a 5.3 než na úlohy 5.2 a 5.4. Zřejmě jsou pro studenty složitější úvahy o tepelných poměrech při izochorickém ději než při ději izobarickém.

(6) Vypočtěte práci vykonanou plynem během jednoho cyklu kruhového děje, který je znázorněn v *p*-*V* diagramu.



Tabulka 3.52: *Odpovědi na úlohu 6*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	13	14,3	19,4
2	24	26,4	35,8
3	9	9,9	13,4
4	21	23,1	31,3
Celkem	67	73,6	100,0
Chybí odpověď	24	26,4	
Celkem	91	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení správného vztahu $W = \Delta p \Delta V$ nebo $W =$ *obsah obdélníka* (popř. jinak slovy), pak nesprávné dosazení (chyby především v převodech z dm^3 na m^3)

2 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

3 – počítání s nesprávnými vztahy $W = pV$ nebo $W = \Delta pV$ nebo $W = p\Delta V$

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 6: Nejčastějšími chybami byl nesprávný převod z dm^3 na m^3 a nesprávné čtení z grafu - studenti často neuvažovali změnu tlaku a změnu objemu plynu (používání vztahů $W = pV$, $W = \Delta pV$, $W = p\Delta V$).

(7) Při jaké teplotě bude mít kyslík dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky?

Tabulka 3.53: *Odpovědi na úlohu 7*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	2	2,2	2,5
2	23	25,3	28,8
3	37	40,7	46,3
4	18	19,8	22,5
Celkem	80	87,9	100,0
Chybí odpověď	11	12,1	
Celkem	91	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedeno $2T_1$

2 – uvedeno 586 K

3 – uvedeno 40 °C

4 – jiné nesprávné výsledky než 40 °C

Komentář k úloze 7: Úloha má oproti jiným otevřeným úlohám malý počet chybějících odpovědí. Většina řešitelů vycházela ze správného vztahu $\frac{V}{T}$ = konst. pro izobarický děj, dospěla tedy ke správnému závěru $T_2 = 2T_1$. Pak si ovšem neuvědomili, že $2T_1 \neq 2t_1$, a proto nejčastější chybou je uvedení odpovědi 40 °C. Tato chybná odpověď je dokonce nejčastější odpovědí vůbec – uvedlo ji přes 40 % studentů.

(8) Při kruhovém ději plyn přijme od ohřívače teplo 8300 kJ a chladiči předá teplo 4150 kJ. Jaká je účinnost v % tohoto kruhového děje?

Tabulka 3.54: *Odpovědi na úlohu 8*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	37	40,7	50,0
2	23	25,3	31,1
3	7	7,7	9,5
4	7	7,7	9,5
Celkem	74	81,3	100,0
Chybí odpověď	17	18,7	
Celkem	91	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uveden správný výpočet $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ = …= 50 %

2 – uveden nesprávný výpočet $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$ = … = 50 %

3 – jiné nesprávné výsledky

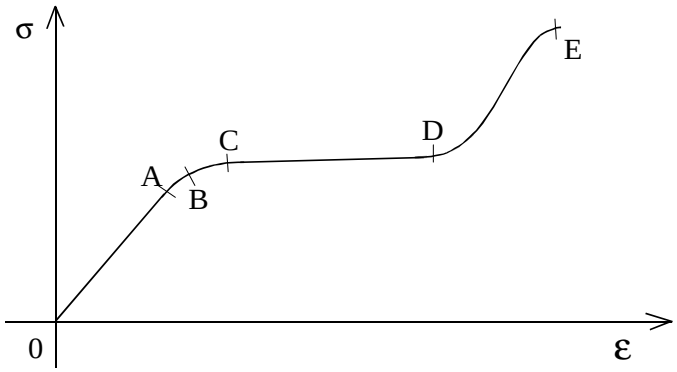
4 – uvedena jen odpověď 50 %

Komentář k úloze 8: Podobně jako úloha 7 má i tato úloha relativně málo chybějících odpovědí. Má ovšem nevhodné číselné zadání, protože ke správnému výsledku studenti docházeli nejen správným výpočtem $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$, ale také nesprávně $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$. Sedm studentů uvedlo jen odpověď 50 % i přes upozornění v záznamovém listu na nutnost zápisu postupu řešení. Proto nešlo zjistit, zda tito studenti postupovali správně, či nikoli. Jako zajímavosti mezi odpověďmi lze uvést výsledky η = 200 % a η = -1, svědčící o tom, že daný student pojmu účinnost vůbec nerozuměl, nebo se vůbec nezamyslel nad reálnou možností svého výsledku. Uvedené číselné zadání je proto třeba opravit. Pokud bychom totiž požadovali pouze výsledek, velká část studentů by uvedla správný, přestože postupovali nesprávně. Návrh na úpravu zadání je uveden v kapitole 4.4.

3.3.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina A

(1) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.



1.1) Určete, která část křivky (označte dvěma krajními body z bodů O, A, B, C, D, E) vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

1.2) Určete, která část křivky (označte dvěma krajními body z bodů O, A, B, C, D, E) odpovídá elastické deformaci.

1.3) Určete, která část křivky (označte dvěma krajními body z bodů O, A, B, C, D, E) odpovídá plastické deformaci.

Tabulka 3.55: *Odpovědi na úlohu 1.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
OA*	29	31,2
AB	3	3,2
AC	6	6,5
BE	3	3,2
CD	12	12,9
DE	6	6,5
OB	4	4,3
OE	17	18,3
Ostatní nesprávné	7	7,5
Celkem	87	93,5
Chybí odpověď	6	6,5
Celkem	93	100,0

Tabulka 3.56: *Odpovědi na úlohu 1.2*

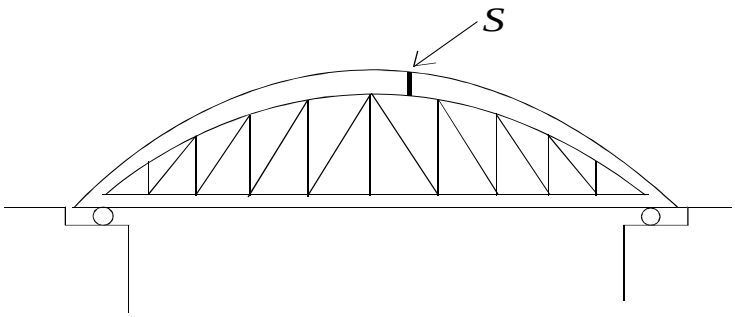
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
OB*	16	17,2
AB	4	4,3
AC	4	4,3
CD	20	21,5
DE	11	11,8
OA	14	15,1
OC	9	9,7
Ostatní nesprávné	9	9,7
Celkem	87	93,5
Chybí odpověď	6	6,5
Celkem	93	100,0

Tabulka 3.57: *Odpovědi na úlohu 1.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
BE*	16	17,2
AC	3	3,2
BC	5	5,4
CD	12	12,9
CE	11	11,8
DE	22	23,7
OA	5	5,4
Ostatní nesprávné	11	11,8
Celkem	85	91,4
Chybí odpověď	8	8,6
Celkem	93	100,0

Komentář k úlohám 1.1, 1.2, 1.3: Z výsledků úloh je vidět, že studenti nespojují teoretický vztah pro Hookův zákon s grafem přímé úměrnosti. Toto usuzuji z nejčetnější chyby, která spočívá v tom, že studenti považují za grafické vyjádření Hookova zákona celou křivku deformace. Je tedy patrné, že studenti nevyužívají ve fyzice poznatků a dovedností získaných v matematice (graf přímé úměrnosti). Křivka deformace je uvedena např. v učebnici [7]. V učebnici [3] již křivka deformace uvedena není, přestože její znalost požaduje katalog [4]. Tento rozpor by měl být napraven v dalších vydáních těchto publikací. Vyučující ve třídách, kde se prováděla tato pilotáž, však křivku deformace vykládají, testovaní studenti ji tedy znát měli.

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



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

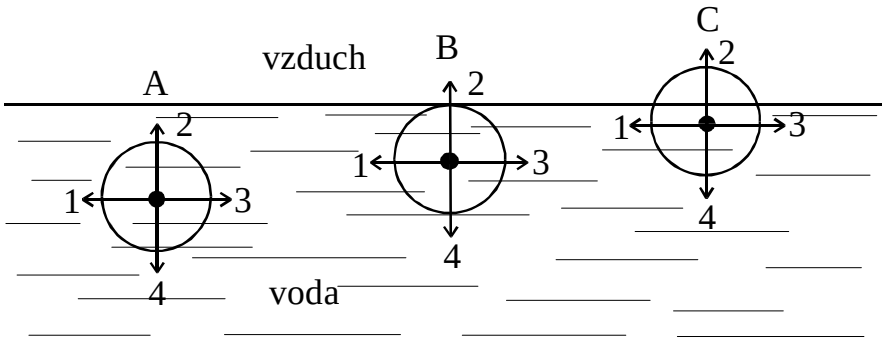
a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem

Tabulka 3.58: Odpovědi na úlohu 2:

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	31	33,3
b	14	15,1
c	46	49,5
d	1	1,1
Celkem	92	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 2: Téměř 50 % studentů vybralo distraktor c). Tuto volbu lze vysvětlit tím, že v [3] je uváděn most (ovšem nikoli vyztužený horním pásem) jako příklad na deformaci ohybem.

(3) Na obrázku jsou znázorněny molekuly na různých místech ve vodě a jejich sféry molekulového působení.



3.1) Výsledná síla působící na molekulu A (uvažujeme pouze přitažlivé síly mezi molekulami):

a) je nulová
b) má směr 1
c) má směr 2
d) má směr 3
e) má směr 4

3.2) Výsledná síla působící na molekulu B (uvažujeme pouze přitažlivé síly mezi molekulami):

a) je nulová
b) má směr 1
c) má směr 2
d) má směr 3
e) má směr 4

3.3) Výsledná síla působící na molekulu C (uvažujeme pouze přitažlivé síly mezi molekulami):

a) je nulová
b) má směr 1
c) má směr 2
d) má směr 3
e) má směr 4

Tabulka 3.59: *Odpovědi na úlohu 3.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	61	65,6
b	5	5,4
c	6	6,5
d	7	7,5
e	12	12,9
Celkem	91	97,8
Chybí odpověď	2	2,2
Celkem	93	100,0

Tabulka 3.60: *Odpovědi na úlohu 3.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	52	55,9
b	3	3,2
c	15	16,1
d	7	7,5
e	12	12,9
Celkem	89	95,7
Chybí odpověď	4	4,3
Celkem	93	100,0

Tabulka 3.61: *Odpovědi na úlohu 3.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,6
b	7	7,5
c	28	30,1
d	2	2,2
e*	45	48,4
Celkem	90	96,8
Chybí odpověď	3	3,2
Celkem	93	100,0

Komentář k úlohám 3.1, 3.2, 3.3: Situace v případech 3.1 a 3.2 byla stejná. V případě úlohy 3.2 studenty zmátlo, že hranice sféry molekulového působení se dotýká hladiny. Proto bylo v této úloze méně správných odpovědí než v úloze 3.1. Přitom taková situace je v učebnici [3] uvedeny. Distraktory b) a d) byly ve všech třech úlohách vybírány velmi málo – studentům je jasné, že není důvod k tomu, aby na molekulu působila síla ve vodorovném směru. Taktéž je vidět, že většině studentů bylo jasné, že v případě 3.3 nebude výsledná síla nulová – distraktor a) volilo jen 8,6 % řešitelů.

(4) Čtyři stejné nádoby jsou při 20 °C těsně pod okraj naplněny kyselinou dusičnou, petrolejem, acetonem a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu.
Nejvíce přeteče nádoba:

a) s kyselinou dusičnou
b) s petrolejem
c) s acetonem
d) s vodou

Tabulka 3.62: *Odpovědi na úlohu 4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	20	21,5
b	13	14,0
c	42	45,2
d	15	16,1
Celkem	90	96,8
Chybí odpověď	3	3,2
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 4: Úloha nemá vhodné zadání. Sestavena byla proto, aby si studenti uvědomili přímou úměrnost mezi změnou objemu a přírůstkem teploty a dokázali v MFChT vyhledat konstantu úměrnosti – teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny β. Správnou odpovědí pak byla míněna alternativa c) (aceton), protože má mezi uvedenými kapalinami součinitel β největší. Aceton je ovšem látka velice těkavá, a proto v praxi by

nádoba s acetonem zřejmě nejvíce nepřetekla. Z tohoto důvodu není v tabulce odpovědí uvedena správná odpověď a dále není hodnocena úspěšnost úlohy. Návrh na změnu zadání úlohy je uveden v kapitole 4.5.

(5) Do kádinky s vodou jsou zasunuty dvě kapiláry - kapilára 1 o vnitřním průměru D_1 a kapilára 2 o vnitřním průměru $D_2 = 2{,}5D_1$. V kapiláře 1 vystoupí voda do výšky h_1 nad hladinou vody v kádince, v kapiláře 2 do výšky h_2. Jaký je poměr výšek $h_1 : h_2$?

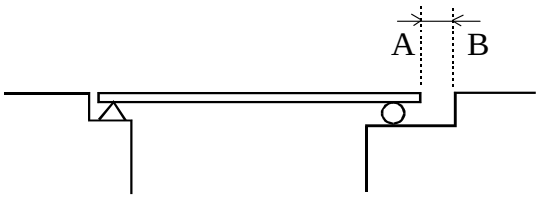
a) 5 : 4
b) 4 : 5
c) 1 : 4
d) 5 : 2

Tabulka 3.63: *Odpovědi na úlohu 5*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	10	10,8
b	8	8,6
c	3	3,2
d*	70	75,3
Celkem	91	97,8
Chybí odpověď	2	2,2
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 5: Úloha byla poměrně jednoduchá, téměř všichni studenti ji řešili a tři čtvrtiny studentů správně odpověděly.

(6) Železná lávka má při teplotě 20 °C délku 20 m. Na jednom pilíři je uchycena napevno, na druhém spočívá na válci, který se může pohybovat (viz obrázek).



Jakou je třeba nechat minimální vzdálenost AB mezi krajem lávky a pilíře, pokládáme-li lávku při 20 °C a předpokládáme-li, že se během roku lávka zahřeje maximálně na 70 °C? (Uvažujte pouze délkovou roztažnost lávky.)

Tabulka 3.64: *Odpovědi na úlohu 6*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	24	25,8	36,9
2	14	15,1	21,5
3	8	8,6	12,3
4	9	9,7	13,8
Celkem	65	69,9	100,0
Chybí odpověď	28	30,1	
Celkem	93	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení vztahu $l = l_0(1+\alpha\Delta t)$ nebo $\Delta l = l_0\alpha\Delta t$, pak nesprávný postup

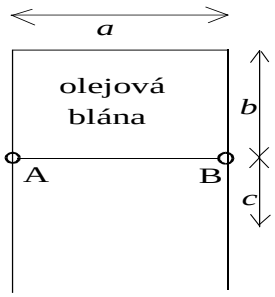
2 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

3 – chybné uvedení $\alpha = 0{,}012\ \mathrm{K}^{-1}$

4 – jiné nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 6: Z výsledků úlohy je vidět velká nepozornost studentů při vyhledávání údajů v MFChT. Nejčastější chybou bylo dosazení za teplotní součinitel délkové roztažnosti $\alpha = 0{,}012\ \mathrm{K}^{-1}$. V MFChT je totiž uvedena jako jednotka teplotních součinitelů délkové roztažnosti $10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$. Jednotku však velká část studentů přehlíží. Jako do většiny otevřených úloh se i do této velká část studentů nepustila.

(7) Na obrázku je drátěný rámeček, jehož jedna příčka AB je pohyblivá. V rámečku je zachycena olejová blána (viz obrázek).



Jakou práci je třeba vykonat k posunutí příčky o vzdálenost *c*?
a = 5 cm
b = 3 cm
c = 2 cm
Povrchové napětí oleje ve styku se vzduchem je 36 mN · m^{-1}.

Tabulka 3.65: *Odpovědi na úlohu 7*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	13	14,0	24,5
2	2	2,2	3,8
3	12	12,9	22,6
4	26	28,0	49,1
Celkem	53	57,0	100,0
Chybí odpověď	40	43,0	
Celkem	93	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení vztahu $W = 2\sigma\Delta S$ nebo vztahů $F = \sigma l$ a $W = Fs$, pak nesprávný další postup

2 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

3 – vynechání koeficientu 2 ve vztahu $W = 2\sigma\Delta S$ (Blána má dva povrchy.)

4 – jiné nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 7: Častou chybou bylo obvyklé opomenutí toho, že blána má dva povrchy. Velmi často se objevovaly různé nesprávné postupy. Zdá se, že hodně studentů si s úlohou vůbec nevědělo rady. Chybí velký počet odpovědí (43 %) a úloha má velmi malou úspěšnost, zcela správně ji dokázali vyřešit dva studenti.

3.3.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina B

(1) Představme si, že by voda nesmáčela stěny nádoby. Rozhodněte, zda pak platí následující tvrzení:

1.1) Kapky vody by měly kulový tvar.

1.2) Docházelo by ke vzlínání vody do stěn domů.

1.3) Povrch vody u stěn nádoby by měl dutý tvar.

1.4) V kapiláře zasunuté do kádinky by voda vystoupila níže než je její volný povrch v kádince.

Tabulka 3.66: *Odpovědi na úlohu 1.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Ano*	66	69,5
Ne	23	24,2
Celkem	89	93,7
Chybí odpověď	6	6,3
Celkem	95	100,0

Tabulka 3.67: *Odpovědi na úlohu 1.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Ano	12	12,6
Ne*	76	80,0
Celkem	88	92,6
Chybí odpověď	7	7,4
Celkem	95	100,0

Tabulka 3.68: *Odpovědi na úlohu 1.3*

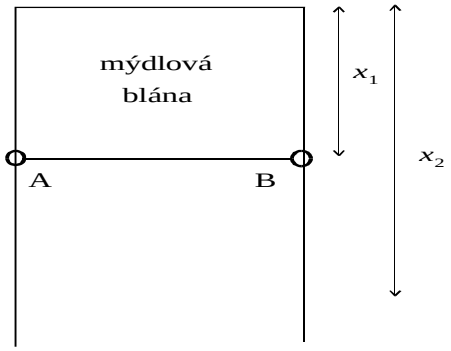
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Ano	20	21,1
Ne*	70	73,7
Celkem	90	94,7
Chybí odpověď	5	5,3
Celkem	95	100,0

Tabulka 3.69: *Odpovědi na úlohu 1.4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
Ano*	70	73,7
Ne	24	25,3
Celkem	94	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	95	100,0

Komentář k úlohám 1.1, 1.2, 1.3, 1.4: Většina studentů prokázala znalost projevů kapilárních jevů v reálných situacích. Počet chybějících odpovědí je ve všech úlohách nízký.

(2) V drátěném rámečku, jehož jedna příčka AB je pohyblivá, je zachycena mýdlová blána (viz obrázek).



Jak se změní povrchová energie blány, posuneme-li příčku AB do vzdálenosti $x_2 = 2x_1$ od horní příčky rámečku?

a) dvakrát se zvětší
b) čtyřikrát se zvětší
c) dvakrát se zmenší
d) čtyřikrát se zmenší
e) nezmění se

Tabulka 3.70: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	38	40,0
b	30	31,6
c	21	22,1
d	2	2,1
e	3	3,2
Celkem	94	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	95	100,0

Komentář k úloze 2: Za povšimnutí stojí nejčastěji volený distraktor b). K jeho volbě vedla dle mého názoru záměna vzorce pro změnu povrchové energie $\Delta E = \sigma \Delta S$ za vzorec pro výpočet práce, kterou je třeba vykonat k posunutí příčky $W = 2\sigma \Delta S$. Koeficient 2 ve vzorci pro práci pak vedl k volbě výše uvedeného distraktoru. Také distraktor c) volil nezanedbatelný počet studentů. Volba tohoto distraktoru naznačuje, že student zcela nechápe pojem povrchové energie blány. Zbývající dva distraktory byly voleny velmi málo.

(3) Čtyři nádoby jsou při 20 °C těsně pod okraj naplněny kyselinou dusičnou, petrolejem, acetonem a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu.
Nejméně přeteče nádoba:

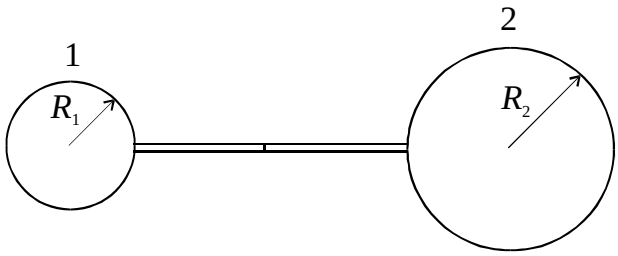
a) s kyselinou dusičnou
b) s petrolejem
c) s acetonem
d) s vodou

Tabulka 3.71: *Odpovědi na úlohu 3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,4
b	19	20,0
c	25	26,3
d*	40	42,1
Celkem	92	96,8
Chybí odpověď	3	3,2
Celkem	95	100,0

Komentář k úloze 3: Viz komentář k podobné úloze 4 ve Skupině A. Vzhledem k nevhodnosti acetonu pro tuto úlohu navrhuji změnu jejího zadání v kapitole 4.6.

(4) Na jednom konci jedné trubice je vyfouknutá mýdlová bublina 1 o poloměru R_1, na jiné trubici je vyfouknutá bublina 2 o poloměru R_2, $R_2 > R_1$. Trubice spojíme tak, aby mohl volně proudit vzduch mezi vnitřky bublin (viz obrázek). Co se stane?



a) Obě bubliny zachovají svou původní velikost.
b) Objemy obou bublin se vyrovnají.
c) Bublina 2 splaskne a bublina 1 se zvětší o objem bubliny 2.
d) Bublina 1 splaskne a bublina 2 se zvětší o objem bubliny 1.

Tabulka 3.72: *Odpovědi na úlohu 4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,4
b	33	34,7
c	8	8,4
d*	46	48,4
Celkem	95	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	95	100,0

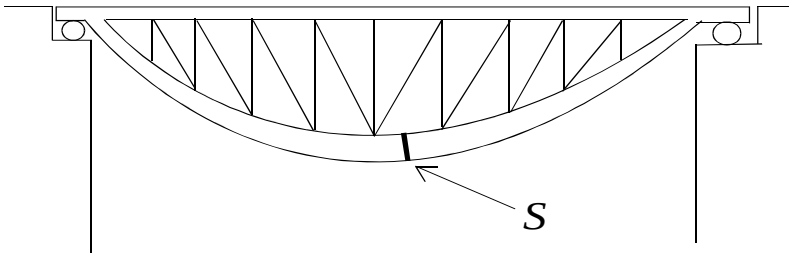
Komentář k úloze 4: Téměř 35 % studentů vybralo odpověď b), která představuje klasický fyzikální omyl. Takto sestavený pokus s bublinami je popsán v [3]. Pro zajímavost jsem zjišťoval u vyučujících, zda studenti tento pokus znají, a pak porovnával i jednotlivé školy. Výsledky jsou následující:

Benešov - pokus se nepředvádí, ale slovně popisuje, úspěšnost 64 %.

Kladno - pokus se předvádí, úspěšnost 56 %.

Slaný - pokus se nepředvádí, ani nezmiňuje, úspěšnost 14 %.

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



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

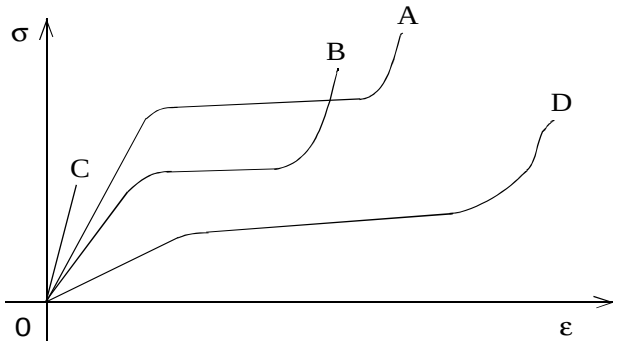
a) tlakem
b) tahem
c) ohybem
d) smykem

Tabulka 3.73: *Odpovědi na úlohu 5*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	12	12,6
b*	24	25,3
c	55	57,9
d	2	2,1
Celkem	93	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	95	100,0

Komentář k úloze 5: Nejčastější chybnou volbou byl ohyb (distraktor c)), volilo ho téměř 60 % studentů. Domnívám se, že příčina je stejná, jako v úloze 2 Skupiny A, tedy to, že na deformaci ohybem je v [3] jako příklad uveden most.

(6) 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.



6.1) Nejvyšší mez pružnosti má:
- a) drát A
- b) drát B
- c) drát C
- d) drát D

6.2) Jako první se přetrhl:
- a) drát A
- b) drát B
- c) drát C
- d) drát D

6.3) Jako poslední se přetrhl:
- a) drát A
- b) drát B
- c) drát C
- d) drát D

6.4) Ještě než se přetrhl, se nejvíce prodloužil:
- a) drát A
- b) drát B
- c) drát C
- d) drát D

Tabulka 3.74: *Odpovědi na úlohu 6.1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	60	63,2
b	5	5,3
c	3	3,2
d	25	26,3
Celkem	93	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	95	100,0

Tabulka 3.75: *Odpovědi na úlohu 6.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	3	3,2
b	3	3,2
c*	78	82,1
d	9	9,5
Celkem	93	97,9
Chybí odpověď	2	2,1
Celkem	95	100,0

Tabulka 3.76: *Odpovědi na úlohu 6.3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	53	55,8
b	2	2,1
c	9	9,5
d	30	31,6
Celkem	94	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	95	100,0

Tabulka 3.77: *Odpovědi na úlohu 6.4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	14	14,7
b	12	12,6
c	3	3,2
d*	63	66,3
Celkem	92	96,8
Chybí odpověď	3	3,2
Celkem	95	100,0

Komentář k úlohám 6.1, 6.2, 6.3, 6.4: Správnou odpověď na úlohu 6.1 uvedlo přes 60 % studentů, více než čtvrtina studentů však volila distraktor d). Úloha 6.2 má vysokou úspěšnost, pravděpodobně i ti, kteří grafu nerozumí, volili jako první přetržený drát ten, který popisuje nejkratší křivka deformace. Úloha 6.3 vykazuje podobný poměr odpovědí mezi správnou alternativou a) a distraktorem d) jako úloha 6.1. Výsledky úlohy 6.4 napovídají tomu, že mnozí studenti pod jednotlivými křivkami vidí délky jednotlivých drátů. Většina sice volila správnou odpověď d), ale nezanedbatelná část také distraktory a) a b). Naproti tomu distraktor c) není příliš atraktivní, křivka deformace drátu C je totiž nejkratší.

(7) Železná měřicí tyč s vyznačenými centimetry a milimetry měří správně při teplotě 20 °C. Tuto tyč ohřejeme na 520 °C. Předmět o délce půl metru s ní nyní naměříme:

a) delší
b) kratší

Tabulka 3.78: *Odpovědi na úlohu 7*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	28	29,5
b*	66	69,5
Celkem	94	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	95	100,0

Komentář k úloze 7: S úlohou si správně poradilo téměř 70 % studentů**.** Téměř všichni se rozhodli pro některou z variant (pouze jeden student neřešil).

(8) Ocelové lano jeřábu má mez pevnosti v tahu 1000 MPa. Lano má kruhový průřez o poloměru 0,5 cm. Koeficient bezpečnosti je 5. Jaká je maximální hmotnost břemena, které může tento jeřáb zvedat ?

Tabulka 3.79: *Odpovědi na úlohu 8*

Kódy	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	7	7,4	15,9
2	5	5,3	11,4
3	10	10,5	22,7
4	22	23,2	50,0
Celkem	44	46,3	100,0
Chybí odpověď	51	53,7	
Celkem	95	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení vztahů $\sigma = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\pi r^2}$, nezapočítán koeficient bezpečnosti

2 – do výše uvedeného vztahu započítán i koeficient bezpečnosti

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 8: Více než polovina studentů odpověď neuvedla. Mezi těmi, kteří začali úlohu řešit, převládaly různé nesprávné postupy. Je patrné, že někteří studenti, kteří dospěli k nějakému číselnému výsledku nad ním příliš nepřemýšleli – uvedené hmotnosti se pohybovaly od několika gramů po tisíce tun. V případě této úlohy také existuje rozpor mezi učebnicí [3], která se o koeficientu bezpečnosti nezmiňuje, a katalogem [4], který jeho znalost vyžaduje.

3.3.7 Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina A

(1) Tvorba ranní rosy je projevem:

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

Tabulka 3.80: *Odpovědi na úlohu 1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	82	88,2
b	5	5,4
c	0	0,0
d	5	5,4
Celkem	92	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 1: Převážná většina odpovědí byla správná (88,2 %). Distraktory b) a d) volili nejspíše ti studenti, kteří neznají význam těchto cizích slov. Distraktor c) je nevhodný, tvorbu rosy nikdo za tuhnutí nepovažuje.

(2) V nádobě je uzavřena kapalina a její sytá pára. Co nastane, zvětšíme-li izotermicky objem nádoby?

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

Tabulka 3.81: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	19	20,4
b*	30	32,3
c	13	14,0
d	29	31,2
Celkem	91	97,8
Chybí odpověď	2	2,2
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 2: Z četností odpovědí je vidět, že nabízené distraktory byly všechny dost atraktivní. Správně odpověděla pouze necelá třetina řešitelů a téměř stejný počet studentů volil distraktor d).

(3) Teplotu varu kapaliny při daném vnějším tlaku lze zjistit:

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

Tabulka 3.82: *Odpovědi na úlohu 3*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,6
b*	45	48,4
c	9	9,7
d	31	33,3
Celkem	93	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 3: Zajímavá je vysoká četnost volby distraktoru d). Domnívám se, že distraktory tohoto typu příliš studenti nevolí, protože tuší, že se obvykle dávají jen „do počtu“. Možná příčina vysoké četnosti této volby je, že v názvech ostatních alternativ se nevyskytuje slovo „var“. Četnost výběru správné odpovědi není ani 50 %.

(4) Látka v pevném skupenství o teplotě tání roztála. Jak se změnila její vnitřní energie?

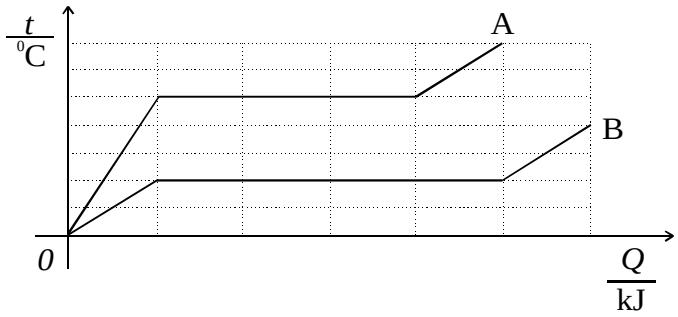
a) Vzrostla.
b) Klesla.
c) Nezměnila se.
d) Záleží na druhu látky.

Tabulka 3.83: *Odpovědi na úlohu 4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	49	52,7
b	20	21,5
c	20	21,5
d	2	2,2
Celkem	93	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 4: Správnou odpověď a) volila přibližně polovina řešitelů, což řadí úlohu ke středně obtížným. Zajímavé by bylo zjistit, jaká úvaha vedla tolik studentů k volbě distraktoru b). Distraktor c) volili pravděpodobně ti, kteří položili jakési „rovnítko“ mezi vnitřní energii a teplotu tělesa, která se samozřejmě při tání nemění. Studenti poznali, že distraktor d) je opravdu jen „do počtu“ a četnost jeho volby byla minimální.

(5) Na obrázku je graf znázorňující přechod dvou těles A a B z pevného do kapalného skupenství.



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 stejné množství energie jako k ohřátí tělesa B na teplotu tání.
d) K roztavení tělesa A je třeba stejné množství energie jako k roztavení tělesa B.

Tabulka 3.84: *Odpovědi na úlohu 5*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,6
b	6	6,5
c	14	15,1
d*	64	68,8
Celkem	92	98,9
Chybí odpověď	1	1,1
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 5: Úloha nebyla zřejmě pro studenty příliš obtížná. Téměř 69 % studentů prokázalo, že se v daném grafu dobře orientuje.

(6) Do nádoby s vodou je vhozen kus ledu. Co můžeme prohlásit o výšce hladiny v nádobě po roztátí ledu?

a) Klesne.
b) Stoupne.
c) Zůstane ve stejné výši.
d) Záleží na tvaru ledového kusu.

Tabulka 3.85: *Odpovědi na úlohu 6*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	29	31,2
b	56	60,2
c*	8	8,6
d	0	0,0
Celkem	93	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	93	100,0

Komentář k úloze 6: Velice obtížná úloha. Správné řešení uvedlo pouze 8,6 % studentů. Zastánci distraktoru a) zdůvodňovali svou odpověď tak, že led má větší objem než voda téže hmotnosti. Uvažovali, že kus ledu je celý potopený ve vodě. Zastánci distraktoru b) naopak uvažovali část ledu nad vodou, která když roztaje, přispěje ke zvýšení hladiny v nádobě. Distraktor d) je nevhodný, za nesmyslný ho považovali všichni studenti.

(7) Jaký příkon musí mít ohřívač, aby za čtyři hodiny přeměnil led o hmotnosti 5 kg a teplotě –10 °C na páru o teplotě 100 °C? Účinnost ohřívače je 50 %. Měrná tepelná kapacita ledu je 2100 J · kg^{-1} · K^{-1}. Tepelné ztráty do okolí během ohřívání zanedbáváme.

Tabulka 3.86: *Odpovědi na úlohu 7*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	1	1,1	2,2
2	9	9,7	19,6
3	2	2,2	4,3
4	34	36,6	73,9
Celkem	46	49,5	100,0
Chybí odpověď	47	50,5	
Celkem	93	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení správného vztahu pro výpočet všech čtyř tepel, pak nesprávný výpočet

2 – správný výpočet těchto tepel, pak nesprávný postup

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 7: Úloha měla minimální úspěšnost a řadí se k nejobtížnějším. Do řešení se pustila jen polovina studentů, z nichž většina se dopustila obvyklé chyby - vynechání jednoho ze čtyř tepel (viz vzorové řešení – kapitola 5.3.7), se kterými je třeba v úloze počítat.

(8) Dvěma kilogramům vody bylo dodáno teplo, které se spotřebovalo k ohřátí vody z 20 °C na 100 °C a za teploty varu k jejímu úplnému vypaření. Kolik % z celkové dodané energie bylo spotřebováno k vypaření vody? Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.

Tabulka 3.87: *Odpovědi na úlohu 8*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	5	5,4	11,1
2	5	5,4	11,1
3	19	20,4	42,2
4	16	17,2	35,6
Celkem	45	48,4	100,0
Chybí odpověď	48	51,6	
Celkem	93	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – uvedení potřebného vztahu $Q = cm\Delta t + l_v m$, pak nesprávný výpočet

2 – správný výpočet výše uvedeného tepla, pak nesprávný postup

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 8: Na výpočet jednodušší úloha než úloha 7. Počet řešitelů (polovina dotázaných) je sice prakticky stejný, ale správných odpovědí je výrazně více.

3.3.8 Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina B

(1) Tvorba jinovatky je projevem:

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

Tabulka 3.88: *Odpovědi na úlohu 1*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	25	27,5
b	7	7,7
c	19	20,9
d*	40	44,0
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 1: Tato analogická úloha k úloze 1 ve Skupině A byla zřejmě podstatně obtížnější. Správná nebyla ani polovina odpovědí (44 %). K volbě distraktoru c) vedla nejspíš úvaha: jinovatka je pevné skupenství, a to souvisí s tuhnutím. Za vysokou četností volby distraktoru a) možná stojí záměna jinovatky a rosy.

(2) Jak se změní teplota varu a teplota tání dané látky, snížíme-li vnější tlak?

a) Teplota varu i teplota tání se zvýší.
b) Teplota varu i teplota tání se sníží.
c) Teplota varu se zvýší, teplota tání se sníží.
d) Teplota varu se sníží, teplota tání se zvýší.

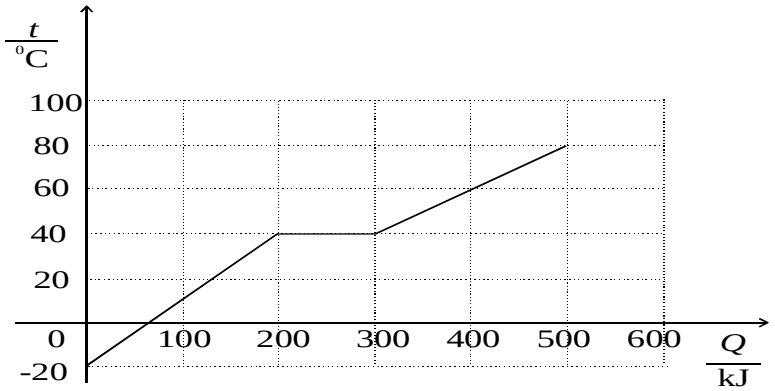
Tabulka 3.89: *Odpovědi na úlohu 2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	8	8,8
b	49	53,8
c	11	12,1
d	20	22,0
Celkem	88	96,7
Chybí odpověď	3	3,3
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 2: Úloha nemá správné zadání. Studenti mohli uvažovat jak látku, jejíž teplota tání se se snižujícím tlakem snižuje (většina látek), tak látku, jejíž teplota tání se se snižujícím tlakem zvyšuje (např. led). Z tohoto důvodu není v tabulce vyznačena správná

odpověď a dále není hodnocena úspěšnost úlohy. Návrh na změnu zadání úlohy je uveden v kapitole 4.8.

(3) Na obrázku je graf závislosti teploty tělesa o hmotnosti 0,5 kg na dodávaném teple. Teplota tělesa se zvyšuje až na teplotu tání, při ní těleso celé roztaje a teplota vzniklé kapaliny se dále zvyšuje.



3.1) Měrné skupenské teplo tání látky, ze které je těleso vyrobeno, je:

a) 500 kJ · kg^{-1}
b) 300 kJ · kg^{-1}
c) 200 kJ · kg^{-1}
d) 100 kJ · kg^{-1}

3.2) Skupenské teplo tání daného množství látky je:

a) 500 kJ
b) 300 kJ
c) 200 kJ
d) 100 kJ

Tabulka 3.90: *Odpovědi na úlohu 3.1*

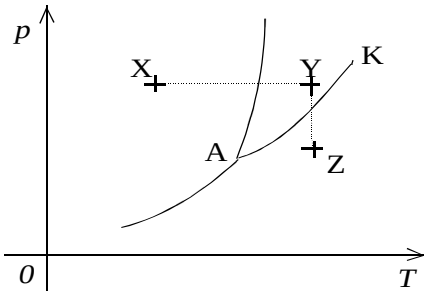
Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	6	6,6
b	6	6,6
c*	38	41,8
d	18	19,8
Celkem	88	96,7
Chybí odpověď	3	3,3
Celkem	91	100,0

Tabulka 3.91: *Odpovědi na úlohu 3.2*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	5	5,5
b	7	7,7
c	21	23,1
d*	58	63,7
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Komentář k úlohám 3.1, 3.2: V obou úlohách distraktory a) a b) volilo pravděpodobně těch 12 studentů, kteří graf nedokázali vůbec interpretovat. Je možné, že přibližně dvacet studentů, kteří v úloze 3.1 zvolili distraktor d), jsou titíž, kteří v úloze 3.2 zvolili distraktor c) a zaměňují tak měrné skupenské teplo tání a skupenské teplo tání.

(4) Na obrázku je fázový diagram nějaké látky.



Přechod látky ze stavu X do stavu Z po křivce 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

Tabulka 3.92: *Odpovědi na úlohu 4*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	6	6,6
b	10	11,0
c	10	11,0
d*	65	71,4
Celkem	91	100,0
Chybí odpověď	0	0,0
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 4: Téměř tři čtvrtiny studentů znaly správnou odpověď. Domnívám se, že studenti, kteří správnou odpověď neznali, volili distraktory spíše náhodně, než aby nad diagramem přemýšleli. Nasvědčují tomu srovnatelné hodnoty četností.

(5) V nádobě je uzavřena kapalina a její sytá pára. Co se stane, snížíme-li teplotu soustavy?

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

Tabulka 3.93: *Odpovědi na úlohu 5*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a*	28	30,8
b	40	44,0
c	6	6,6
d	15	16,5
Celkem	89	97,8
Chybí odpověď	2	2,2
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 5: Četnost správných odpovědí je necelých 31 %. Nejvíce studentů volilo distraktor b). Možná hrála roli i nepozornost, kdy studenti nehleděli na druhou část odpovědi „a výsledná pára přestane být sytá."

(6) Proč se v zimě solí zledovatělé silnice?

a) Protože teplota tání ledu se solí se zvýší a směs začne tát.
b) Protože teplota tání ledu se solí se sníží a směs začne tát.
c) Protože sůl namrzá na povrch ledovky a ta se stává méně kluzkou.
d) Protože sůl zabraňuje přílišnému „rozbřednutí" ledu, které by vedlo k ještě větší kluzkosti vozovky.

Tabulka 3.94: *Odpovědi na úlohu 6*

Odpovědi	Abs. četnost	Relat. četnost v %
a	30	33,0
b*	54	59,3
c	5	5,5
d	0	0,0
Celkem	89	97,8
Chybí odpověď	2	2,2
Celkem	91	100,0

Komentář k úloze 6: Studentům dělalo problémy uvážit, jak se změní teplota tání ledu přidáním soli. Nejčetnější nesprávnou volbou byl distraktor a). Domnívám se, že to souvisí s tím, že alternativa „teplota tání se zvýší" navozuje v řešiteli dojem, že led ohřejeme a ten roztaje. Na druhou stranu téměř 60 % odpovědí bylo správných.

7) V nádobě je 20 kg ledu o teplotě –20 °C. Jakou hmotnost vody o teplotě 5 °C je třeba přilít, aby vznikl led o teplotě 0 °C? Měrná tepelná kapacita ledu je 2100 J · kg^{-1} · K^{-1}. Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.

Tabulka 3.95: *Odpovědi na úlohu 7*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	7	7,7	11,7
2	6	6,6	10,0
3	27	29,7	45,0
4	9	9,9	15,0
5	11	12,1	18,3
Celkem	60	65,9	100,0
Chybí odpověď	31	34,1	
Celkem	91	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – studenti, kteří úlohu pochopili tak, jak byla míněna (viz níže uvedený komentář), a takto ji správně vyřešili

2 - studenti, kteří úlohu pochopili tak, jak byla míněna, a takto ji nesprávně vyřešili

3 – studenti, kteří úlohu pochopili jinak a takto ji správně vyřešili

4 - studenti, kteří úlohu pochopili jinak a takto ji nesprávně vyřešili

5 – úplně jiné nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 7: Úloha se ukázala jako nejednoznačně navržena. Míněna byla takto: ...Jakou hmotnost vody je třeba přilít, aby vznikl led o teplotě 0 °C, tj. aby 20 kg ledu zvýšilo svou teplotu z –20 °C na 0 °C a voda o teplotě 5 °C, kterou přiléváme, zmrzla na led o teplotě 0 °C? Část studentů zadání úlohy takto pochopila a podle toho řešila. Větší část ji však pochopila takto: ...Jakou hmotnost vody je třeba přilít, aby vznikl led o teplotě 0 °C, tj. aby 20 kg ledu zvýšilo svou teplotu z –20 °C na 0 °C a voda o teplotě 5 °C snížila svou teplotu z 5 °C na 0 °C?

Tabulka odpovědí udává počty správných i nesprávných odpovědí v obou druzích výkladu zadání úlohy. V kapitole 4.8 je uveden návrh na úpravu textu zadání úlohy.

Jako u většiny otevřených úloh chybí i zde velký počet odpovědí.

8) Jakou hmotnost uhlí o výhřevnosti 20 MJ · kg^{-1} je třeba spálit v kotli, abychom přeměnili všech 5 kg vody o teplotě 15 °C v páru o teplotě 100 °C, má-li kotel účinnost 10 %? Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.

Tabulka 3.96: *Odpovědi na úlohu 8*

Kód	Abs. četnost	Relat. četnost v %	***
1	5	5,5	12,8
2	9	9,9	23,1
3	10	11,0	25,6
4	15	16,5	38,5
Celkem	39	42,9	100,0
Chybí odpověď	52	57,1	
Celkem	91	100,0	

*** - relativní četnost odpovědí, kde 100 % je počet studentů, kteří odpověděli

Kódový klíč:

1 – správný výpočet celkového potřebného tepla, pak nesprávný postup

2 – uvedeny všechny potřebné vztahy v různých správných podobách, výsledek nesprávný

3 – správně vyřešená úloha, tj. správný postup a správný výsledek včetně jednotky

4 – nesprávné postupy a výsledky

Komentář k úloze 8: Samotný text úlohy odradil od řešení nadpoloviční většinu studentů (57,1 %). Z těch, co začali, správně vyřešila úlohu pouze čtvrtina. Chybné postupy řešení a odpovědi byly velice různorodé.

3.4 Stanovení obtížnosti úloh

Úlohy byly ověřovány v sedmi třídách, v každé třídě řešila vždy přibližně polovina studentů úlohy Skupiny A a přibližně polovina úlohy Skupiny B. V následujících tabulkách je u každé úlohy uvedeno, kolik studentů odpovědělo správně, a vypočítána hodnota obtížnosti Q a index obtížnosti P. Ve sloupci označeném *** je uveden počet správných odpovědí na danou otázku. Pro snadnější orientaci jsou navíc hodnoty obtížnosti Q znázorněny graficky.

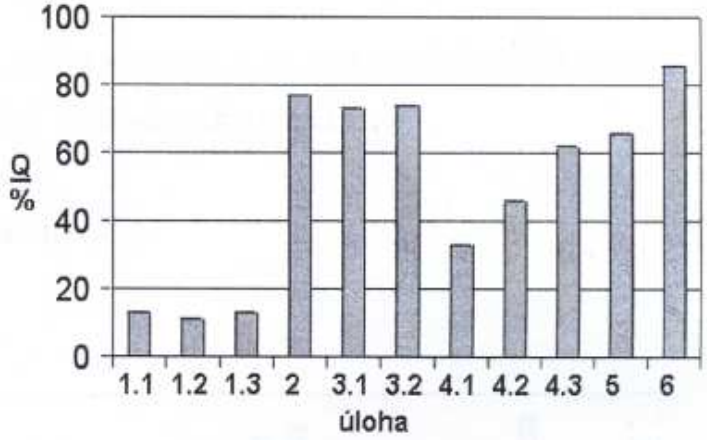
3.4.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina A

Úlohy řešilo 94 studentů.

Tabulka 3.97

úloha	***	Q/%	P/%
1.1	82	13	87
1.2	84	11	89
1.3	82	13	87
2	22	77	23
3.1	25	73	27
3.2	24	74	26
4.1	63	33	67
4.2	51	46	54
4.3	36	62	38
5	32	66	34
6	13	86	14

Graf 3.1



Vypočítané hodnoty obtížnosti Q se pohybují v rozmezí od 11 % (úloha 1.2) do 86 % (úloha 6). Úlohy 1.1, 1.2 a 1.3 jsou pro studenty velmi snadné, úloha 6 se jeví jako velmi obtížná.

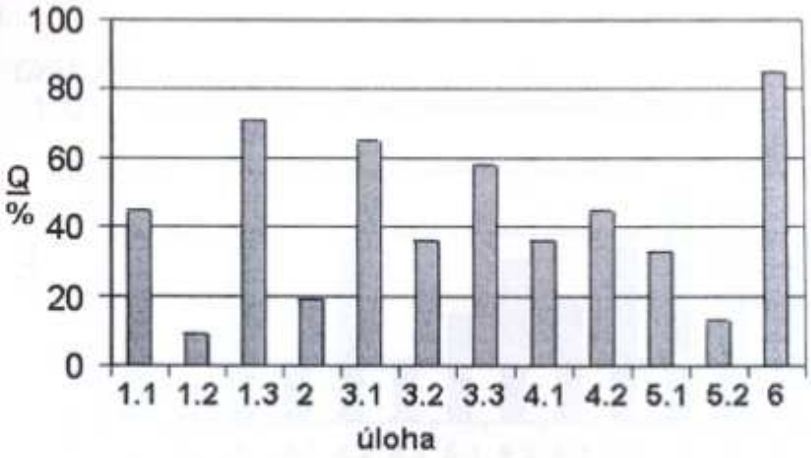
3.4.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina B

Úlohy řešilo 89 studentů.

Tabulka 3.98

úloha	***	Q/%	P/%
1.1	49	45	55
1.2	81	9	91
1.3	26	71	29
2	72	19	81
3.1	31	65	35
3.2	57	36	64
3.3	37	58	42
4.1	57	36	64
4.2	49	45	55
5.1	60	33	67
5.2	77	13	87
6	13	85	15

Graf 3.2



Hodnoty obtížnosti se pohybují mezi 9 % (úloha 1.2) a 85 % (úloha 6). Jako velmi snadné se jeví studentům úlohy 1.2, 2 a 5.2, jako velmi obtížná úloha 6.

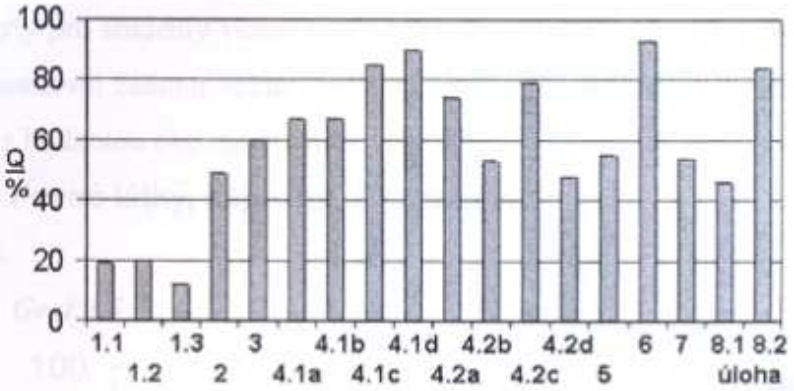
3.4.3 Soubor úloh: Plyny, Skupina A

Úlohy řešilo 96 studentů.

Tabulka 3.99

úloha	***	Q/%	P/%
1.1	78	19	81
1.2	77	20	80
1.3	84	12	88
2	49	49	51
3	38	60	40
4.1a	32	67	33
4.1b	32	67	33
4.1c	14	85	15
4.1d	10	90	10
4.2a	25	74	26
4.2b	45	53	47
4.2c	20	79	21
4.2d	50	48	52
5	43	55	45
6	7	93	7
7	44	54	46
8.1	52	46	54
8.2	15	84	16

Graf 3.3



Soubor obsahoval tři velmi snadné úlohy (1.1, 1.2, 1.3). Nejsnadnější úloha 1.3 vykazuje hodnotu obtížnosti 12 %. Naproti tomu čtyři úlohy se ukázaly být velmi obtížné

(4.1c, 4.1d, 6, 8.2), z nichž pro nejobtížnější úlohu 6 je vypočtená hodnota obtížnosti rovna 93 %.

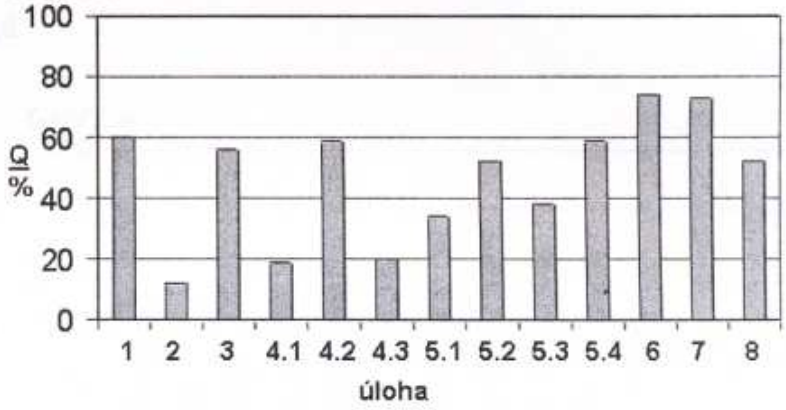
3.4.4 Soubor úloh: Plyny, Skupina B

Úlohy řešilo 91 studentů.

Tabulka 3.100

úloha	***	Q/%	P/%
1	36	60	40
2	80	12	88
3	40	56	44
4.1	74	19	81
4.2	65	59	71
4.3	73	20	80
5.1	60	34	66
5.2	44	52	48
5.3	56	38	62
5.4	37	59	41
6	24	74	26
7	23*	73	27
8	37**	52	48

Graf 3.4



* - za správné jsou považovány odpovědi uvedené pod kódem 2 (viz položková analýza – kapitola 3.3.4)

** - za správné jsou považovány odpovědi uvedené pod kódem 1 (viz položková analýza – kapitola 3.3.4)

Tři úlohy (2, 4.1, 4.3) byly pro studenty velmi snadné, hodnota obtížnosti nejsnadnější úlohy 2 je 12 %. Soubor neobsahoval žádnou velmi obtížnou úlohu. Nejobtížnější úlohou je dle výsledků studentů úloha 6 s hodnotou obtížnosti 74 %.

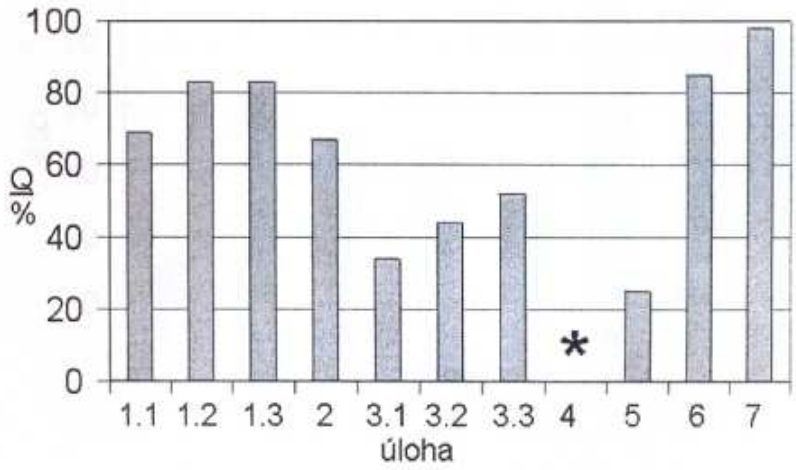
3.4.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina A

Úlohy řešilo 93 studentů.

Tabulka 3.101

úloha	***	Q/%	P/%
1.1	29	69	31
1.2	16	83	17
1.3	16	83	17
2	31	67	33
3.1	61	34	66
3.2	52	44	56
3.3	45	52	48
4	*	*	*
5	70	25	75
6	14	85	15
7	2	98	2

Graf 3.5



* - nejednoznačně zadaná úloha (viz položková analýza – kapitola 3.3.5)

V souboru není žádná velmi snadná úloha. Naproti tomu čtyři úlohy (1.1, 1.2, 6, 7) se ukázaly být velmi obtížné. Nejobtížnější úloha 7 vykazuje hodnotu obtížnosti 98 %.

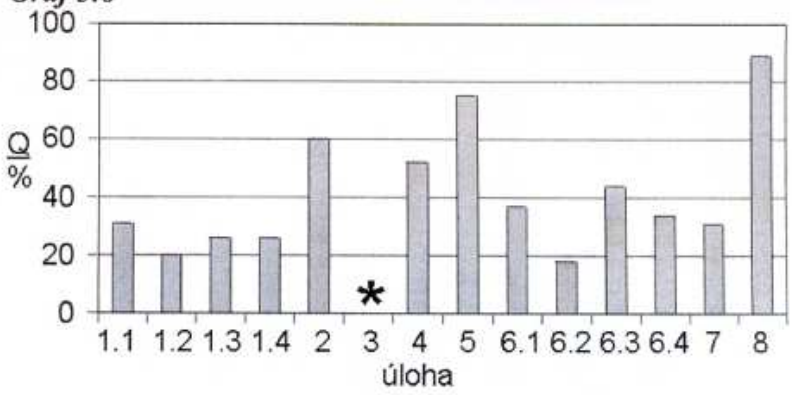
3.4.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina B

Úlohy řešilo 95 studentů.

Tabulka 3.102

úloha	***	Q/%	P/%
1.1	66	31	69
1.2	76	20	80
1.3	70	26	74
1.4	70	26	74
2	38	60	40
3	*	*	*
4	46	52	48
5	24	75	25
6.1	60	37	63
6.2	78	18	82
6.3	53	44	56
6.4	63	34	66
7	66	31	69
8	10	89	11

Graf 3.6



* - nejednoznačně zadaná úloha (viz položková analýza – kapitola 3.3.6)

Tento soubor obsahoval dvě velmi snadné úlohy (1.2, 6.2). Úloha 8 s hodnotou obtížnosti 89 % je velmi obtížná.

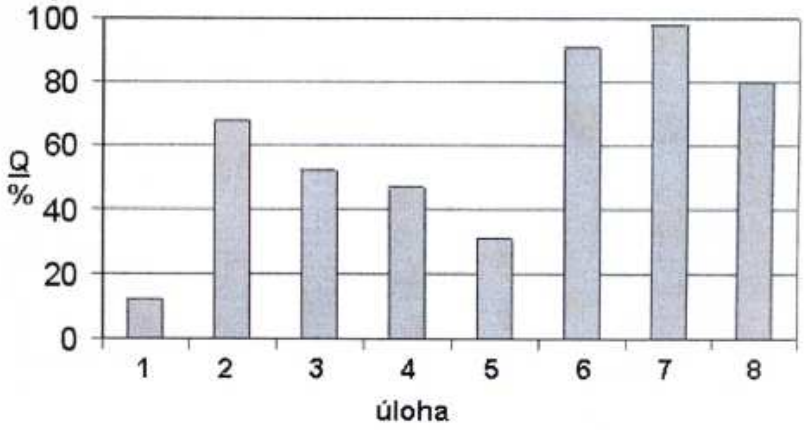
3.4.7 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina A

Úlohy řešilo 93 studentů.

Tabulka 3.103

úloha	***	Q/%	P/%
1	82	12	88
2	30	68	32
3	45	52	48
4	49	47	53
5	64	31	69
6	8	91	9
7	2	98	2
8	19	80	20

Graf 3.7



Hodnoty obtížnosti se pohybují v rozmezí od 12 % (úloha 1) do 98 % (úloha 7). Právě úlohu 1 můžeme považovat za jedinou velmi snadnou úlohu v souboru. Soubor obsahuje dvě velmi obtížné úlohy, a sice úlohu 6 ($Q = 91$ %) a již zmíněnou úlohu 7 ($Q = 98$ %).

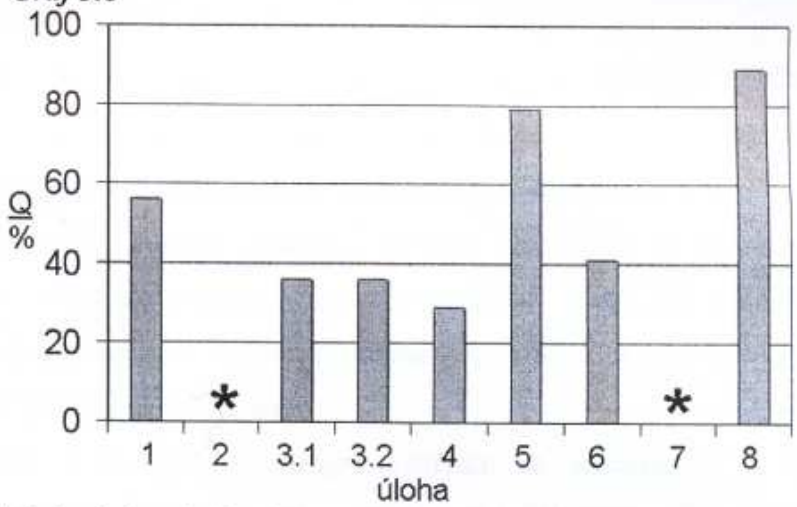
3.4.8 Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina B

Úlohy řešilo 91 studentů.

Tabulka 3.104

úloha	***	Q/%	P/%
1	40	56	44
2	*	*	*
3.1	38	36	64
3.2	58	36	64
4	65	29	71
5	28	79	31
6	54	41	59
7	*	*	*
8	10	89	11

Graf 3.8



* - nejednoznačně zadaná úloha (viz položková analýza – kapitola 3.3.8)

V souboru nejsou žádné velmi snadné úlohy, nejnižší hodnotu obtížnosti (29 %) má úloha 4. Úlohu 8 s hodnotou obtížnosti 89 % lze zařadit mezi velmi obtížné.

4 Úpravy úloh

Jak je již uvedeno v kapitole 1.4, úlohy bez chyb se hned napoprvé nedaří navrhovat ani velmi zkušeným odborníkům. Analýza odpovědí studentů objevuje různé nedostatky úloh, kterých jsme si při jejich konstrukci nepovšimli, anebo jsme je z počátku za nedostatky vůbec nepovažovali. A tak se i v souborech mnou navržených úloh objevily po provedení položkové analýzy nejasnosti a nepřesnosti. Způsob jejich odstranění navrhuji na následujících řádcích.

V [2] se uvádí, že je vhodné vypustit velmi snadné úlohy s hodnotou obtížnosti $Q < 20$ %, nebo tyto úlohy zařadit jako motivační na začátek konstruovaného testu. Vzhledem k tomu, že student takovou úlohu s přehledem vyřeší, klesne jeho nervozita před řešením dalších úloh. Velmi slabí studenti zvládnou alespoň tyto úlohy a nejsou tolik demoralizováni neúspěchem (přestože dostanou špatnou známku). Dále [2] mimo jiné doporučuje vypustit velmi obtížné úlohy s hodnotou obtížnost $Q > 80$ % a takové otevřené úlohy, které vynechá více než 30 % - 40 % studentů.

Úlohy vyhovující všem těmto výše uvedeným kritériím se samozřejmě v mých souborech také vyskytly, a přesto nejsou dále uvedeny návrhy na jejich úpravy či odstranění. Důvod je následující. Domnívám se, že velmi snadné úlohy je vhodnější ponechat v testu, a to na prvních místech právě z motivačních důvodů, jak je uvedeno výše, než je vypustit. Velmi obtížné úlohy a úlohy s vysokým počtem vynechaných odpovědí jsou téměř ve všech případech otevřené úlohy umístěné na konci souboru. Jsem přesvědčen, že vysoká hodnota jejich obtížnosti i fakt, že je mnoho studentů neřešilo, velmi souvisí s motivací studentů k jejich řešení. Studenti věděli, nebo alespoň tušili, že za svou práci nebudou hodnoceni známkou, a proto v případě úlohy, která se jim zdála na první pohled příliš složitá, se do ní buď vůbec nepustili, nebo její řešení brzo vzdali. Motivaci k řešení jsem se snažil zvýšit alespoň tím, že práce nebyly anonymní, a výsledky studentů jsem předával jejich vyučujícím, kteří je pak hodnotili alespoň slovně. Lze oprávněně předpokládat, že pokud by řešení těchto úloh bylo klasifikovanou zkouškou, nebo dokonce maturitní zkouškou, ve výsledcích by se projevila větší snaha o jejich řešení.

4.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Skupina A

Drobné úpravy ve formulaci zadání byly provedeny v úloze 5 (viz kapitola 5.3.1). Ostatní úlohy navrhuji ponechat v původním znění, položková analýza neukázala příliš závažné nedostatky těchto úloh.

4.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Skupina B

V tomto souboru navrhuji úpravu úloh 3.2 a 3.3.

Úlohy 3.2, 3.3: V úloze 3.2 zvolili distraktor d) 3 studenti, v úloze 3.3 dokonce žádný student. Zvláště v úloze 3.3 bylo tedy i studentům, kteří grafu nerozumí, jasné, že pod alternativou d) se neskrývá správná odpověď na položenou otázku. Na základě položkové analýzy tedy navrhuji v úlohách 3.2 a 3.3 distraktor d) vypustit a počet obou nabízených odpovědí tím snížit na čtyři.

4.3 Soubor úloh: Plyny

Skupina A

V tomto souboru navrhuji úpravu úloh 4.1, 4.2 a 8.2.

Úloha 4.1: Úloha nebyla pro studenty jednoduchá, v případech a), b) uváděli někteří jen jeden interval. Navrhuji úlohu zjednodušit jinou formulací zadání takto: Určete všechny intervaly, ve kterých plyn: …

Úloha 4.2: Relační znaménka „≤“ a „≥“ by mohla být předmětem sporů (např. v situaci, kdy by student hájil jako svou správnou odpověď $T_A \leq T_B$), navrhuji je proto ze zadání úlohy vypustit. Text zadání pak bude znít: V záznamovém listu doplňte relační znaménka (<, >, =) k teplotám T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn v bodech A, B, C, D v grafu.

Úloha 8.2: Na otázku v zadání úlohy „Pokud ano, jak?“ byla očekávána odpověď: „Ano (Ne), zvýšila (snížila) se o …“. Avšak téměř 37 % studentů, kteří úlohu řešili, uvedlo odpověď: „Ano, změnila se o …“. Domnívám se, že z těchto studentů, většina nevěděla, zda se energie snížila či zvýšila, a proto napsali výše uvedenou odpověď. Je však samozřejmě

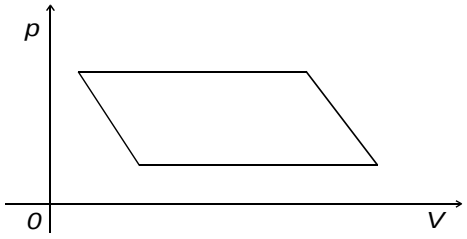
také možné, že jsou mezi nimi tací, kteří správnou odpověď znali, ale domnívali se, že na otázku „jak“ stačí odpovědět „o kolik“. Aby tedy bylo jednoznačně dáno, co úloha po řešiteli požaduje, navrhuji upravit její text takto: „Změnila se jeho vnitřní energie? Pokud ano, snížila se nebo zvýšila? O jakou hodnotu?“

4.4 Soubor úloh: Plyny

Skupina B

V tomto souboru navrhuji úpravu úloh 2, 7 a 8. Drobné úpravy ve formulaci zadání byly provedeny v úloze 2 (viz kapitola 5.3.4).

Úloha 2: Úloha se ukázala být pro studenty velice jednoduchá, vykazuje hodnotu obtížnosti Q = 12 %. Téměř 88 % studentů uvedlo správnou odpověď, distraktor c) nezvolil žádný student. Velmi snadná úloha může sloužit jako motivační na začátku testu. Studenti vybírali pouze grafy s dvěma dvojicemi stejných křivek, proto navrhuji nahradit distraktor c) takto:



Úloha 7: Úloha byla míněna tak, že student má napsat, při jaké konkrétní teplotě bude mít kyslík dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky. Téměř 29 % studentů z těch, kteří úlohu řešili, uvedlo jako výslednou teplotu 586 K. Dva studenti uvedli řešení, ve kterém počáteční termodynamickou teplotu (odpovídající teplotě 20 °C) označili T_1, a jako odpověď na otázku pak uvedli $2T_1$. Oba tyto výsledky jsou správné. Avšak nemálo studentů z těch, kteří uvedli nesprávný výsledek 40 °C, dospělo taktéž ke vztahu $T_2 = 2T_1$, ale pak si pravděpodobně neuvědomili, že pracují s termodynamickou teplotou. Abychom tedy jednoznačně poznali, kdo dokáže určit správný výsledek, navrhuji upravit text úlohy takto: „Při jaké teplotě ve °C bude mít kyslík dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky?”

Úloha 8: Jak je již uvedeno v položkové analýze, ke správnému výsledku η = 50 % lze dojít nejen správným postupem $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ (Q_1 je teplo přijaté od ohřívače, Q_2 je teplo odevzdané chladiči), ale také nesprávně $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$. Je-li možné sledovat celý postup studentova řešení, chybu samozřejme odhalíme, pokud by však studenti uváděli pouze výsledek, nestalo by se tak. V tomto případě je nezbytné změnit číselné zadání úlohy. Navrhuji tedy zadání upravit takto: „Při kruhovém ději plyn přijme od ohřívače teplo 8300 kJ a chladiči předá teplo 2075 kJ. Jaká je účinnost v % tohoto kruhového děje?"

4.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina A

V tomto souboru navrhuji úpravu úloh 4 a 7. Drobné úpravy ve formulaci zadání byly provedeny v úloze 3 (viz kapitola 5.3.5).

Úloha 4: Důvody k úpravě úlohy jsou uvedeny v položkové analýze v kapitole 3.3.5. Navrhuji alternativu c) vypustit a ponechat v úloze jen tři nabízené odpovědi. Tato změna nemá vliv na dovednosti potřebné k vyřešení úlohy, tj. uvědomit si lineární závislost mezi změnou objemu a přírůstkem teploty a dokázat v MFChT vyhledat konstantu úměrnosti – teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny β. Samozřejmě je třeba změnit text zadání úlohy takto:

Tři stejné nádoby jsou při 20 °C těsně pod okraj naplněny kyselinou dusičnou, petrolejem a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu.

Nejvíce přeteče nádoba:

a) s kyselinou dusičnou
b) s petrolejem
c) s vodou

Úloha 7: Vzhledem k nevhodnosti oleje navrhuji nahradit ho obvykle používanou mýdlovou vodou. Text úlohy pak zní takto (zde bez obrázku): Na obrázku je drátěný rámeček, jehož příčka AB je pohyblivá. V rámečku je zachycena mýdlová blána (viz

obrázek). Jakou práci je třeba vykonat k posunutí příčky o vzdálenost c? a = 5 cm, b = 3 cm, c = 2 cm. Povrchové napětí mýdlové vody ve styku se vzduchem je 40 mN · m^{-1}.

4.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina B

V tomto souboru navrhuji úpravu úloh 2 a 3. Drobné úpravy ve formulaci zadání byly provedeny v úlohách 1, 2, 4 a 7 (viz kapitola 5.3.6).

Úloha 2: Distraktor d) volili pouze dva studenti, není zřejmě příliš atraktivní. Navrhuji tento distraktor vypustit a ponechat úlohu se čtyřmi nabízenými odpověďmi.

Úloha 3: Důvody k úpravě úlohy jsou uvedeny v položkové analýze v kapitole 3.3.5 a jsou stejné jako u úlohy 4 ve Skupině A. Navrhuji alternativu c) vypustit a ponechat v úloze jen tři nabízené odpovědi. Samzřejmě je třeba změnit text zadání úlohy takto:
Tři stejné nádoby jsou při 20 °C těsně pod okraj naplněny kyselinou dusičnou, petrolejem a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu.

Nejméně přeteče nádoba:

a) s kyselinou dusičnou
b) s petrolejem
c) s vodou

4.7 Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina A

V tomto souboru navrhuji úpravu úlohy 1 a 6. Drobné úpravy ve formulaci zadání byly provedeny v úlohách 4, 5 a 8 (viz kapitola 5.3.7).

Úloha 1: Distraktor c) se ukázal být naprosto neatraktivní. Navrhuji nahradit ho distraktorem „tání".

Úloha 6: Nesmyslnost distraktoru d) odhalili všichni studenti. Distraktor d) se tak stává zbytečným. Navrhuji nahradit ho distraktorem „Bez znalosti hmotnosti ledového kusu nelze rozhodnout".

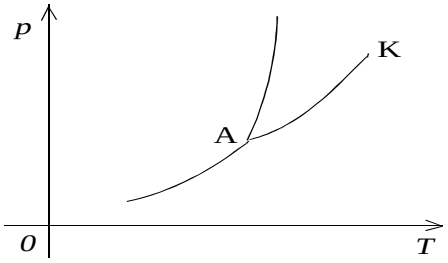
4.8 Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina B

V tomto souboru navrhuji úpravu úloh 2, 6 a 7. Drobné úpravy ve formulaci zadání byly provedeny v úlohách 3, 6 a 8 (viz kapitola 5.3.8).

Úloha 2: Do zadání úlohy je třeba doplnit fázový diagram, ze kterého mají studenti určit požadované skutečnosti. Navrhuji upravit úlohu takto:

Jak se změní teplota varu a teplota tání látky, jejíž fázový diagram je na obrázku, snížíme-li vnější tlak?



a) Teplota varu i teplota tání se zvýší.
b) Teplota varu i teplota tání se sníží.
c) Teplota varu se zvýší, teplota tání se sníží.
d) Teplota varu se sníží, teplota tání se zvýší.

Úloha 6: Distraktor d) se ukázal být naprosto neatraktivní, nezvolil ho jako správnou odpověď ani jeden student. Takový distraktor je v úloze zbytečný, a proto ho navrhuji vypustit a ponechat úlohu jen se třemi nabízenými odpověďmi.

Úloha 7: Nejednoznačnost zadání je vysvětlena v položkové analýze v kapitole 3.3.8. Navrhuji proto změnit text úlohy takto: „V nádobě je 20 kg ledu o teplotě –20 °C. Jakou hmotnost vody o teplotě 5 °C je třeba přilít, aby po tepelné výměně byl v nádobě pouze led o teplotě 0 °C ? Měrná tepelná kapacita ledu je 2100 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$. Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.”

5 Použití a charakteristiky souborů úloh

5.1 Použití souborů úloh

Vypracované soubory úloh nejsou didaktickými testy. Přesto je lze využít při ověřování kvality vědomostí a dovedností studentů v oblasti molekulové fyziky a termiky.

Soubory úloh lze použít:

- při opakování po probrání tematického celku ve druhém ročníku čtyřletého gymnázia a jemu odpovídajícímu ročníku víceletého gymnázia.);
- při opakování před maturitou;
- při ověřování vědomostí studentů s individuálními studijními potřebami nebo při přípravě těchto studentů na zkoušku;
- při ověřování vědomostí studentů, kteří nebyli řádně klasifikováni během školního roku;
- při samostatné práci třídy (např. v případě zastupování).

Soubory lze použít jako celek nebo je možné vybrat některé úlohy a z nich sestavit svůj vlastní test. Učitel může vybrat úlohy, o kterých se domnívá, že jsou pro daný účel nejvhodnější, úlohy, které odpovídají úrovni jeho třídy, zdatnějším studentům může vybrat úlohy obtížnější, apod., a to jak za účelem klasifikace (zadat jako písemnou práci), tak za účelem opakování se zpětnou vazbou pro studenty.

5.2 Charakteristiky souborů úloh

Časový limit

Při pilotáži byl na řešení všech souborů vymezen čas 25 minut. Pro některé třídy byl zvolený časový limit zbytečně dlouhý a pro jiné naopak krátký. Učiteli, který by použil soubor jako celek, doporučuji odhadnout čas na řešení podle znalosti úrovně jeho třídy. Určení časového limitu je pochopitelně ponecháno na učiteli v případě, že si sestaví vlastní test z vybraných úloh.

Povolené pomůcky

Všechny úlohy lze vyřešit pomocí psacích potřeb, MFChT a kalkulačky. Studenti by při řešení neměli používat žádné jiné pomůcky. Je vhodné zajistit, aby MFChT měl každý student vlastní, k řešení mnoha úloh jsou nezbytné.

Dvě varianty

Každý soubor je vypracován ve dvou variantách (Skupina A a Skupina B) kvůli omezení opisování, použijeme-li souborů jako celků. Sestavuje-li učitel vlastní test, může samozřejmě vybrat úlohy libovolně z obou Skupin.

Záznamový list

Ke každému souboru byl vytvořen záznamový list, na který studenti uvádějí své odpovědi a svá řešení. Na list se zadáním úloh studenti nic nepíší. Zadání tak lze používat opakovaně. Odpovědi na uzavřené úlohy studenti označují křížkem na určených místech v záznamovém listu, což vede k rychlejšímu opravování.

Počet správných odpovědí

U všech úloh s výběrem odpovědi je právě jedna odpověď správná.

Vzorové řešení

Ke každému souboru je vypracováno vzorové řešení, které může učitel využít při rozboru písemné práce se studenty.

Specifické cíle

Téměř všechny úlohy lze přiřadit k nějakému specifickému cíli v [4]. Úlohy tak svým obsahem odpovídají požadavkům k nově koncipované externí části maturitní zkoušky.

Bodování a klasifikace

Vzhledem k tomu, že se nejedná o didaktické testy a učitel může použít jen některé úlohy, je stanovení bodování a klasifikační stupnice zcela ponecháno na uvážení učitele, který rozhodne podle podoby jím sestaveného testu a vlastních zkušeností se třídou. Pro snadnější odhad nejčastějších chyb doporučuji nahlédnout do položkové analýzy.

5.3 Navržené soubory úloh

Každá z dále uvedených kapitol obsahuje vždy daný soubor úloh, a to již upravených na základě provedené položkové analýzy (viz kapitola 4). Původní znění úloh je uvedeno v kapitole 3.3. Za každým souborem je uveden záznamový list, vzorové řešení úloh a přiřazení úloh ke specifickým cílům uvedeným v [4].

5.3.1 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Skupina A

(1) Uveďte, zda daná soustava je nebo není v rovnovážném stavu:

1.1) tající kostka ledu

1.2) voda v hrnci postaveném na zapnutém vařiči

1.3) plyn v uzavřené adiabatické tlakové nádobě

(2) Difuze probíhá:

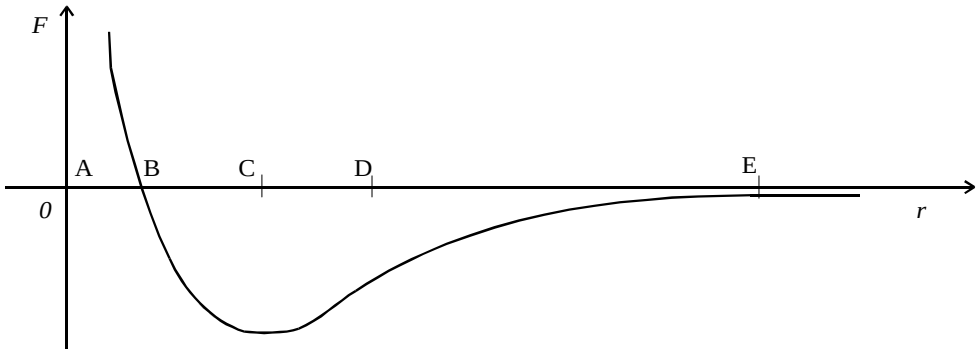
a) pouze v plynech; v kapalinách a v pevných látkách neprobíhá

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 v pevných látkách

(3) 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) urči maximální interval vzdáleností dvou částic tak, aby platilo:

3.1) Částice se přitahují a přitažlivá síla mezi nimi roste s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností.

3.2) Částice se přitahují a přitažlivá síla mezi nimi klesá s jejich rostoucí vzájemnou vzdáleností.

(4) Představme si, že by voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, než doopravdy má. Pak by platilo:

4.1) Voda v hrnci na vařiči by se začala vařit

a) za kratší dobu
b) za delší dobu
c) za stejnou dobu

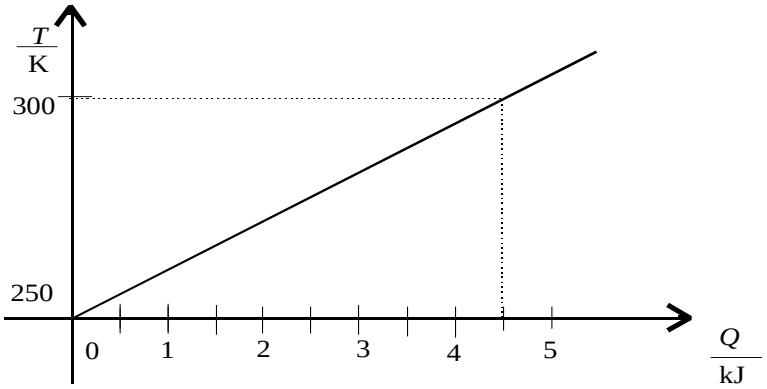
4.2) Teplotní rozdíly mezi dnem a nocí blízko mořského pobřeží by byly:

a) větší
b) menší
c) stejné

4.3) Rozdíly ve výkyvech teplot (den – noc) na mořském pobřeží a ve vnitrozemí by byly:

a) větší
b) menší
c) stejné

(5) Určete měrnou tepelnou kapacitu látky, ze které je vyrobeno těleso o hmotnosti m = 2 kg, znáte-li graf závislosti teploty T tohoto tělesa na teplu Q, které těleso přijalo.



(6) Kolik atomů obsahuje železná krychlička o délce hrany a = 1 mm?

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Skupina A

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte ! Kód
(1) **Je** **Není** **1.1)** ☐ ☐ **1.2)** ☐ ☐ **1.3)** ☐ ☐	☐ ☐ ☐
(2) **a** **b** **c** **d** ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(3) **3.1)** (,) **3.2)** (,)	☐ ☐
(4) **a** **b** **c** **4.1)** ☐ ☐ ☐ **4.2)** ☐ ☐ ☐ **4.3)** ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐

Řešení úloh (5) a (6) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh
Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina A

úloha 1.1) Ne, soustava mění skupenství

úloha 1.2) Ne, nejsou konstantní stavové veličiny

úloha 1.3) Ano, stavové veličiny jsou konstantní

úloha 2) d

Difuze probíhá ve všech skupenstvích.

úloha 3.1) BC

úloha 3.2) CE

úloha 4.1) a

Pokud by voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, stačilo by dodat méně tepla k tomu, aby se její teplota zvýšila na teplotu varu. Na vařiči o stejném výkonu by se tedy začala vařit dříve.

úloha 4.2) a

Teplotní rozdíly mezi dnem a nocí na mořském pobřeží jsou poměrně malé. Ve dne se rychle ohřeje pevnina a pomalu ohřívá moře. Po západu Slunce pevnina rychle chladne, ale voda začíná odevzdávat teplo, které přijala během dne. Pokud by voda měla mnohem menší měrnou tepelnou kapacitu, její schopnost přijímat a odevzdávat teplo by se blížila pevnině a teplotní rozdíly mezi dnem a nocí by byly větší.

úloha 4.3) b

Úvaha vychází z předchozí úlohy. Rozdíly mezi denními a nočními teplotami na mořském pobřeží jsou poměrně malé, ve vnitrozemí velké. S mnohem menší měrnou tepelnou kapacitou vody by se poměry na pobřeží blížily poměrům ve vnitrozemí a teplotní rozdíly, na které se ptáme, by tedy byly menší.

úloha 5)

Tepelná kapacita C tělesa je definována vztahem $C = \frac{Q}{\Delta T}$, kde Q je teplo přijaté tělesem a ΔT zvýšení teploty tělesa. Měrná tepelná kapacita je pak definována vztahem $c = \frac{C}{m}$, kde m je hmotnost tělesa.

Z grafu vyplývá, že těleso přijalo teplo 4,5 kJ a jeho teplota se zvýšila o 50 K.

Platí tedy: $c = \frac{Q}{\Delta T m}$,

Číselně: $c = \frac{4{,}5 \cdot 10^3}{50 \cdot 2}$ J · kg^{-1}· K^{-1} = 45 J · kg^{-1}· K^{-1}

Měrná tepelná kapacita látky, ze které je těleso vyrobeno, je 45 J · kg^{-1}· K^{-1}

úloha 6)

a = 1 mm = 1 · 10^{-3} m

Údaje, které student zjistí z MFChT: A_r(Fe) = 56, N_A = 6,023 · 10^{23} mol^{-1},

ρ(Fe) = 7860 kg · m^{-3}.

N = ?

Látkové množství n je definováno vztahem $n = \frac{N}{N_A}$, kde N je počet částic v tělese a N_A je Avogadrova konstanta, jejíž číselná hodnota udává počet částic v tělese o jednotkovém látkovém množství. Molární hmotnost M_m definujeme vztahem $M_m = \frac{m}{n}$, kde m je hmotnost tělesa z chemicky stejnorodé látky a n odpovídající látkové množství. Lze dokázat, že pomocí relativní atomové hmotnosti A_r lze molární hmotnost vypočítat pomocí vztahu $M_m = A_r \cdot 10^{-3}$ kg · mol^{-1} (pracujeme-li, jako v tomto případě, s jednoatomovými molekulami).

Z těchto vztahů tedy plyne:

$$N = N_A \cdot n = N_A \cdot \frac{m}{M_m} = N_A \cdot \frac{m}{M_r \cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg \cdot mol^{-1}}} = N_A \cdot \frac{\rho V \cdot 10^3}{M_r\,\mathrm{kg \cdot mol^{-1}}},$$

kde ρ je hustota železa a V je objem železné krychličky, $V = a^3$.

Tedy: $N = N_A \cdot \frac{\rho a^3 \cdot 10^3}{M_r\,\mathrm{kg \cdot mol^{-1}}}$,

číselně: $N = 6{,}023.10^{23} \cdot \frac{7860 \cdot 10^{-9} \cdot 10^3}{56} \approx 8 \cdot 10^{19}$

Železná krychlička s hranou délky 1 mm obsahuje přibližně 8 · 10^{19} atomů.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina A

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1.1, 1.2, 1.3	2.1A	rozhodnout v jednoduchých případech, zda soustava je nebo není v rovnovážném stavu, nebo zda probíhající děj je nebo není rovnovážný
2	2.1A	vysvětlit kvalitativně difuzi a uvést na ni příklady
3.1, 3.2	2.1A	znázornit grafem kvalitativní závislost velikosti výsledné síly působící mezi dvěma částicemi (atomy, molekulami) na jejich vzdálenosti
4.1, 4.2, 4.3	2.2B	objasnit vliv velké měrné tepelné kapacity vody na podnebí (V úloze 4.1 se nejedná o podnebí, ale úvaha je stejná.)
5	2.2D	určit z grafu závislosti teploty tělesa dané hmotnosti jako funkce přijatého (odevzdaného) tepla měrnou tepelnou kapacitu látky, z níž je uvažované těleso
6	2.1B	použít vztahy pro relativní atomovou hmotnost, relativní molekulovou hmotnost, látkové množství, počet částic, molární hmotnost, molární objem a Avogadrovu konstantu při řešení úloh

5.3.2 Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Skupina B

(1) Uveďte, zda daný děj lze považovat za rovnovážný:

1.1) tlení spadlého stromu v lese

1.2) výbuch

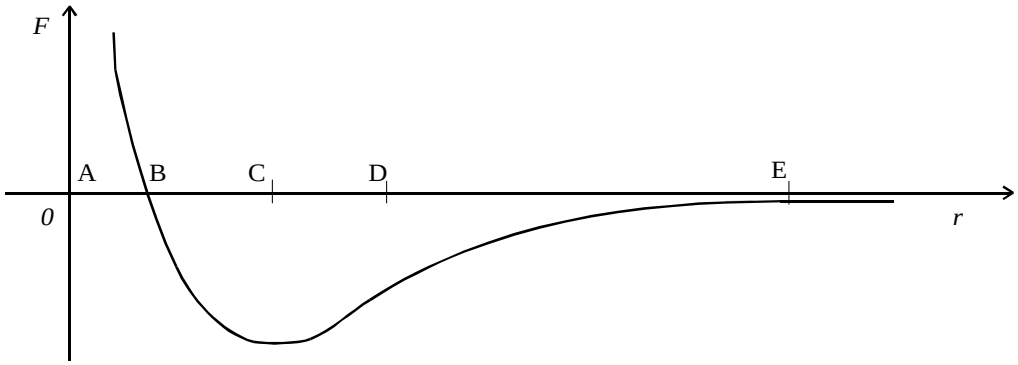
1.3) var vody

(2) V jednom rohu místnosti otevřeme voňavku. Rozhodněte, které z následujících tvrzení je správné:

A) Za jistou dobu je voňavka cítit i v druhém rohu místnosti, ale jen tehdy, proudí-li vzduch v místnosti.

B) Za jistou dobu je voňavka cítit i v druhém rohu místnosti, i když vzduch v místnosti neproudí.

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



3.1) Pomocí bodů vyznačených v grafu (A, B, C, D, E) určete maximální interval vzdáleností dvou částic tak, aby platilo, že částice se odpuzují.

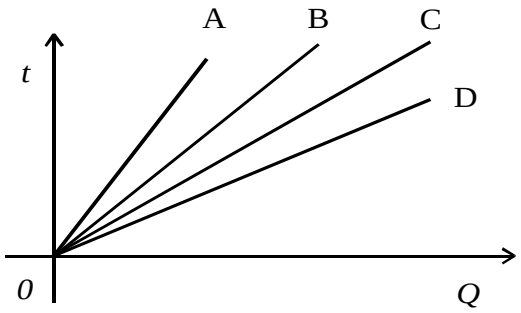
3.2) V jaké vzájemné vzdálenosti jsou dvě částice, které se nacházejí v rovnovážné poloze (výsledná síla, kterou na sebe částice navzájem působí, je nulová)?

a) ve vzdálenosti A
b) ve vzdálenosti B
c) ve vzdálenosti C
d) ve vzdálenosti E

3.3) V jaké vzájemné vzdálenosti musí být dvě částice, aby se přitahovaly maximální silou?

a) ve vzdálenosti A
b) ve vzdálenosti B
c) ve vzdálenosti C
d) ve vzdálenosti E

(4) Na obrázku jsou grafy závislostí teplot *t* těles A, B, C, D na dodaném teplu *Q*.



4.1) Největší tepelnou kapacitu má:

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

4.2) Jsou-li tělesa A a B vyrobena ze stejného materiálu, jaké tvrzení platí o hmotnostech těchto těles?

a) Hmotnosti obou těles jsou stejné.
b) Hmotnost tělesa A je větší než hmotnost tělesa B.
c) Hmotnost tělesa A je menší než hmotnost tělesa B.
d) Na základě uvedených údajů nelze o vzájemné velikosti hmotností těles A a B rozhodnout.

(5) Při tlaku 10^5 Pa dusík vře při teplotě 77 K.

5.1) Jakou hodnotu ve °C má teplota varu dusíku za daného tlaku?
5.2) Dá se tato teplota změřit rtuťovým teploměrem?

(6) Jakou hmotnost má $3 \cdot 10^{25}$ molekul tetrachlormetanu (CCl_4)?

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo

Skupina B

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte ! Kód
(1) **Lze** **Nelze** **1.1)** ☐ ☐ **1.2)** ☐ ☐ **1.3)** ☐ ☐	☐ ☐ ☐
(2) **A** **B** ☐ ☐	☐
(3) **3.1)** **(,)** **a** **b** **c** **d** **3.2)** ☐ ☐ ☐ ☐ **3.3)** ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐
(4) **a** **b** **c** **d** **4.1)** ☐ ☐ ☐ ☐ **4.2)** ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐
(5) **5.1)** _____ **Ano** **Ne** **5.2)** ☐ ☐	☐ ☐

Řešení úlohy (6) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh
Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina B

úloha 1.1) Lze

Tlení spadlého stromu probíhá natolik pomalu, že ho lze považovat za řadu na sebe navazujících rovnovážných stavů.

úloha 1.2) Nelze

úloha 1.3) Nelze

Při výbuchu i varu vody se stav látky natolik mění, že tyto děje jistě nelze považovat za rovnovážné.

úloha 2) B

I když vzduch v místnosti neproudí, molekuly voňavky difundují mezi molekuly vzduchu a dostávají se tak i do druhého rohu místnosti.

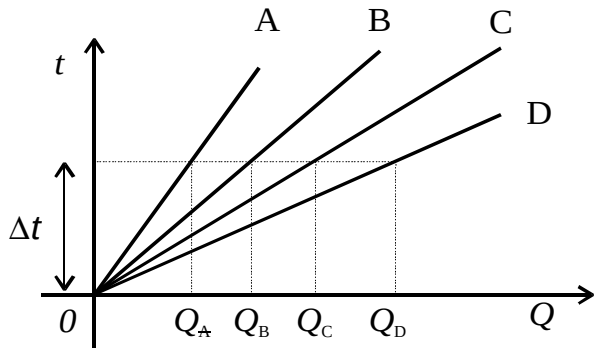
úloha 3.1) AB

úloha 3.2) b

úloha 3.3) c

úloha 4.1) d

Tepelná kapacita C je definována vztahem $C = \frac{Q}{\Delta T}$, kde Q je teplo dodané tělesu a ΔT je zvýšení jeho teploty. Pro jednu hodnotu Δt (číselně $\{\Delta t\} = \{\Delta T\}$) je dodané teplo Q největší pro těleso D.



$Q_D > Q_C > Q_B > Q_A$

úloha 4.2) c

Z grafu plyne, že tepelná kapacita tělesa B je větší než tepelná kapacita tělesa A (viz předchozí úloha). Jsou-li tělesa A a B vyrobena ze stejného materiálu, pak měrná tepelná

kapacita c tělesa A je stejná jako měrná tepelná kapacita c tělesa B. Platí: $c = \frac{C}{m}$, kde m je hmotnost tělesa, tedy $m_A = \frac{C_A}{c}$, $m_B = \frac{C_B}{c}$.

Protože je $C_B > C_A$, platí $m_B > m_A$, tedy hmotnost tělesa A je menší než hmotnost tělesa B.

úloha 5.1)

Mezi Celsiovou teplotou t a termodynamickou teplotou T platí vztah: $t = (\{T\} - 273{,}15)$ °C.

Zde tedy $t =$ (77-273,15) °C = -196,15 °C.

Při tlaku 10^5 Pa dusík vře při teplotě -196,15 °C.

úloha 5.2) Ne

V MFChT lze nalézt, že teplota tuhnutí rtuti je přibližně –39 °C. Při teplotě –196,15 °C nelze tedy rtuťový teploměr používat.

úloha 6)

$N = 3 \cdot 10^{25}$

Údaje, které student zjistí z MFChT: $A_r(C) = 12$, $A_r(Cl) = 35$, $N_A = 6{,}023 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$.

$m = ?$

Látkové množství n je definováno vztahem $n = \frac{N}{N_A}$, kde N je počet částic tělesa a N_A je Avogadrova konstanta, jejíž číselná hodnota udává počet částic v tělese o jednotkovém látkovém množství. Molární hmotnost M_m definujeme vztahem $M_m = \frac{m}{n}$, kde m je hmotnost tělesa z chemicky stejnorodé látky a n odpovídající látkové množství. Lze dokázat, že pomocí relativní molekulové hmotnosti M_r lze molární hmotnost vypočítat pomocí vztahu $M_m = M_r \cdot 10^{-3}\ kg \cdot mol^{-1}$, kde relativní molekulová hmotnost M_r je součtem všech relativních atomových hmotností A_r všech prvků tvořících molekulu.

Z těchto vztahů tedy plyne: $m = n \cdot M_m = n \cdot M_r \cdot 10^{-3}\ kg \cdot mol^{-1} = \frac{N}{N_A} \cdot \frac{M_r}{10^3}\ kg \cdot mol^{-1}$,

kde $M_r(CCl_4) = A_r(C) + 4 \cdot A_r(Cl)$,

číselně: $m = \frac{3 \cdot 10^{25}}{6 \cdot 10^{23}} \cdot \frac{12 + 4.35}{10^3}$ kg ≈ 7,6 kg

3.10^{25} molekul tetrachlormetanu má hmotnost přibližně 7,6 kg.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

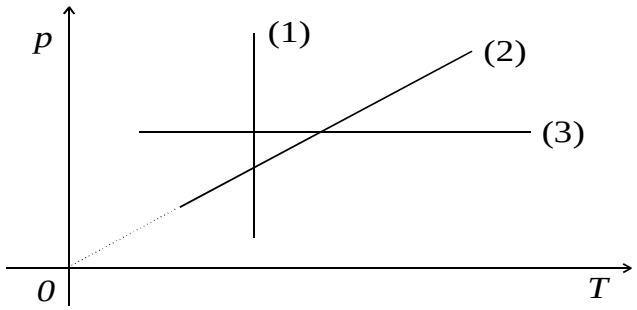
Soubor úloh: Základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo, Skupina B

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1.1, 1.2, 1.3	2.1A	rozhodnout v jednoduchých případech, zda soustava je nebo není v rovnovážném stavu, nebo zda probíhající děj je nebo není rovnovážný
2	2.1A	vysvětlit kvalitativně difuzi a uvést na ni příklady
3.1, 3.2, 3.3	2.1A	znázornit grafem kvalitativní závislost velikosti výsledné síly působící mezi dvěma částicemi (atomy, molekulami) na jejich vzdálenosti
4.1, 4.2	2.2D 2.2A	vyřešení této úlohy odpovídá splnění dvou cílů: - určit z grafu závislosti teploty tělesa dané hmotnosti jako funkce přijatého (odevzdaného) tepla měrnou tepelnou kapacitu látky, z níž je uvažované těleso - vypočítat tepelnou kapacitu tělesa z měrné tepelné kapacity jeho látky
5.1	2.1A	vyjádřit k Celsiově teplotě odpovídající termodynamickou teplotu a naopak
5.2	2.2D	rozhodnout, je-li určitá látka vhodná pro dané použití vzhledem k její měrné tepelné kapacitě, tepelné vodivosti, teplotám tání a varu a dalším vlastnostem; vybrat podle těchto vlastností látku vhodnou k určitému účelu
6	2.1B	použít vztahy pro relativní atomovou hmotnost, relativní molekulovou hmotnost, látkové množství, počet částic, molární hmotnost, molární objem a Avogadrovu konstantu při řešení úloh

5.3.3 Soubor úloh: Plyny

Skupina A

(1) Na obrázku je *p*-*T* diagram ideálního plynu.



1.1) Úsečka (1) znázorňuje:
- a) izotermu
- b) izobaru
- c) izochoru
- d) adiabatu

1.2) Úsečka (2) znázorňuje:
- a) izotermu
- b) izobaru
- c) izochoru
- d) adiabatu

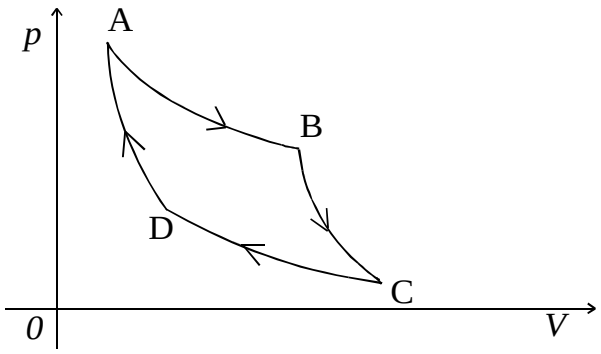
1.3) Úsečka (3) znázorňuje:
- a) izotermu
- b) izobaru
- c) izochoru
- d) adiabatu

(2) Při izobarickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti platí:
- a) tlak plynu je přímo úměrný teplotě plynu
- b) tlak plynu je nepřímo úměrný teplotě plynu
- c) objem plynu je přímo úměrný teplotě plynu
- d) objem plynu je nepřímo úměrný teplotě plynu

(3) Účinnost tepelného motoru:

a) nezávisí na rozdílu teplot ohřívače a chladiče
b) je tím větší, čím větší je rozdíl teplot ohřívače a chladiče
c) je tím větší, čím menší je rozdíl teplot ohřívače a chladiče

(4) V *p*-*V* diagramu je znázorněn kruhový děj s ideálním plynem složený ze dvou izoterm a dvou adiabat.

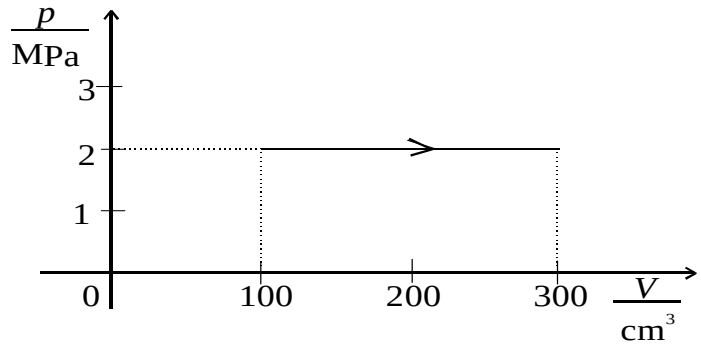


4.1) Určete všechny intervaly, ve kterých plyn:

a) je stlačován
b) se rozpíná
c) odevzdává teplo do okolí
d) přijímá teplo od okolí

4.2) V záznamovém listu doplňte relační znaménka (<, >, =) k teplotám T_A, T_B, T_C, T_D charakterizujících plyn v bodech A, B, C, D v grafu.

(5) Určete práci vykonanou plynem při ději, který je znázorněn v *p*-*V* diagramu.



(6) V nádobě o objemu V = 10 l je dusík N_2 o hmotnosti m = 28 g a teplotě t = 27 °C. Jaký je jeho tlak? (Dusík v tomto případě považujeme za ideální plyn.)

(7) O kolik % je nutno zvýšit tlak plynu uzavřeného v nádobě stálého objemu, aby jeho teplota vzrostla o 35 % ?

(8) Ideálnímu plynu bylo izochoricky dodáno teplo 2,5 kJ.

8.1) Vykonal plyn nějakou práci? Pokud ano, jakou?

8.2) Změnila se jeho vnitřní energie? Pokud ano, snížila se nebo zvýšila? O jakou hodnotu?

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Plyny

Skupina A

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte!
	Kód
(1) **a** **b** **c** **d** **1.1)** ☐ ☐ ☐ ☐	☐
1.2) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
1.3) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(2) **a** **b** **c** **d** ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(3) **a** **b** **c** ☐ ☐ ☐	☐
(4) **4.1)** Daný interval označte vždy dvěma sousedními body např. AB, BC, apod.	
a) _____	☐
b) _____	☐
c) _____	☐
d) _____	☐
4.2) Relační znaménko doplňte vždy mezi dvě teploty na jednom řádku.	
T_A _____ T_B	☐
T_B _____ T_C	☐
T_C _____ T_D	☐
T_D _____ T_A	☐

Řešení úloh (5), (6), (7), (8) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na druhou stranu

Vzorové řešení úloh

Soubor úloh: Plyny, Skupina A

Úloha 1.1) a

Úsečka (1) je kolmá na osu *T*, znázorňuje tedy děj, při němž je teplota konstantní.

úloha 1.2) c

Úsečka (2) je grafem přímé úměrnosti mezi tlakem a termodynamickou teplotou, tedy grafem funkce $p = \text{konst} \cdot T$. Tato rovnice je stavovou rovnicí izochorického děje.

úloha 1.3) b

Úsečka (3) je kolmá na osu *p*, znázorňuje tedy děj, při němž je tlak konstantní.

úloha 2) c

Stavová rovnice izobarického děje s ideálním plynem má tvar $\frac{V}{T} = \text{konst.}$, tedy $V = \text{konst} \cdot T$., tzn. objem plynu je přímo úměrný termodynamické teplotě plynu.

úloha 3) b

Účinnost ideálního tepelného motoru je dána vztahem $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, kde T_2 je teplota chladiče a T_1 teplota ohřívače. Aby se účinnost blížila jedné, je třeba, aby byl podíl $\frac{T_2}{T_1}$ co nejmenší. Ten je tím menší, čím větší je rozdíl teplot $T_2 - T_1$.

úloha 4.1) **a)** CD, DA

b) AB, BC

c) CD

V tomto úseku plyn stlačujeme a ten předává teplo chladiči.

d) AB

V tomto úseku plyn přijímá teplo od ohřívače, rozpíná se a koná práci.

úloha 4.2) a) $T_A = T_B$, úsek AB je izoterma, tedy $T = \text{konst.}$

b) $T_B > T_C$, v úseku BC plyn prochází adiabatickým dějem, tedy nedochází k tepelné výměně. Plyn se však rozpíná, a tudíž snižuje teplotu.

c) $T_C = T_D$, úsek CD je izoterma, tedy $T = \text{konst.}$

d) $T_D < T_A$, v úseku DA je plyn adiabaticky stlačován, a tudíž jeho teplota roste.

úloha 5)

Práce W vykonaná plynem při stálém tlaku je dána vztahem $W = p \cdot \Delta V$, kde p je tlak plynu a ΔV zvětšení objemu plynu.

Z grafu plyne: $p = 2$ MPa $= 2 \cdot 10^6$ Pa, $\Delta V = (300 - 100)$ cm^3 $= 200$ cm^3 $= 2 \cdot 10^{-4}$ m^3,

tedy: $W = p \cdot \Delta V = 2 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$ J $= 4 \cdot 10^2$ J

Plyn vykonal práci $4 \cdot 10^2$ J.

úloha 6)

$V = 10$ l $= 10 \cdot 10^{-3}$ m^3, $m = 28$ g $= 28 \cdot 10^{-3}$ kg, $t = 27$ °C $\Rightarrow T = 300$ K

Údaje, které student zjistí z MFChT: $A_r(\mathrm{N}) = 14$, $R = 8{,}31$ J $\cdot$ K^{-1} $\cdot$ mol^{-1}.

---

p = ?

Použijeme stavovou rovnici ideálního plynu ve tvaru $pV = \frac{m}{M_\mathrm{m}} RT$,

přitom $M_\mathrm{m} = M_\mathrm{r} \cdot 10^{-3}$ kg $\cdot$ mol^{-1} a $M_\mathrm{r}(\mathrm{N_2}) = 2 \cdot A_\mathrm{r}(\mathrm{N})$,

tedy $$p = \frac{mRT}{M_\mathrm{m} V} = \frac{mRT}{M_\mathrm{r} \cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg \cdot mol^{-1}} \cdot V},$$

číselně: $$p = \frac{0{,}028 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}\ \mathrm{Pa} \approx 5.10^5\ \mathrm{Pa}$$

Tlak dusíku je přibližně 0,5 MPa.

úloha 7)

Jedná se o izochorický děj s ideálním plynem, pro který platí stavová rovnice ve tvaru $\frac{p}{T}$ = konst. Je-li tedy $T_2 = 1{,}35\ T_1$, pak také $p_2 = 1{,}35\ p_1$.

Tlak plynu je nutno zvýšit o 35 %.

úloha 8.1)

Teplo bylo dodáno izochoricky, plyn tedy nezměnil objem, a tudíž nevykonal žádnou práci.

úloha 8.2)

Použijeme první termodynamický zákon ve tvaru $\Delta U = W + Q$, která říká, že přírůstek vnitřní energie plynu ΔU je roven součtu práce W, kterou vykonala okolní tělesa na soustavě s plynem, a tepla Q dodaného soustavě. Jelikož $W = 0$, tak $\Delta U = Q$. Vnitřní energie tedy vzrostla o 2,5 kJ.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

Soubor úloh: Plyny, Skupina A

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1.1, 1.2, 1.3	2.3A 2.3B	podle stávající podoby katalogu [4] nelze úloha zcela přesně přiřadit k žádnému cíli. [4] však obsahuje cíle - vysvětlit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje a znázornit ho v *p*-*V* diagramu - 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 Z těchto cílů vyplývá, že studenti by měli umět pracovat s *p*-*V* diagramem i s *p*-*T* diagramem. Zároveň není důvodu, aby studenti neuměli používat *V* - *T* diagram. Domnívám se tedy, že první cíl by měl být v příštím vydání [4] upraven takto: vysvětlit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje a znázornit ho v *p*-*V*, *p*-*T* a *V*-*T* diagramu
2	2.3A	vysvětlit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje a znázornit ho v *p*-*V* diagramu
3	2.3A	určit maximální účinnost tepelného stroje pracujícího mezi dvěma tepelnými lázněmi

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
4.1, 4.2	2.3A 2.3B	vyřešení úlohy odpovídá splnění dvou cílů: - vysvětlit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje a znázornit ho v *p*-*V* diagramu - 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
5	2.3A	vypočítat práci vykonanou plynem při stálém tlaku
6	2.3A 2.3B	vyřešení úohy odpovídá splnění dvou cílů: - použít různé tvary stavové rovnice ideálního plynu (pro určité látkové množství plynu, pro určitou hmotnost plynu) - řešit jednoduché úlohy na změnu stavu ideálního plynu pomocí stavové rovnice (vypočítat látkové množství, hmotnost, objem, hustotu, tlak a termodynamickou teplotu tohoto plynu)
7	2.3B	odvodit ze stavové rovnice pro ideální plyn vztahy mezi teplotou, tlakem a objemem pro děj izotermický, izobarický, izochorický
8.1	2.3A	vysvětlit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje a znázornit ho v *p*-*V* diagramu
8.2	2.2B	řešit jednoduché úlohy na změnu vnitřní energie soustavy konáním práce a tepelnou výměnou

5.3.4 Soubor úloh: Plyny

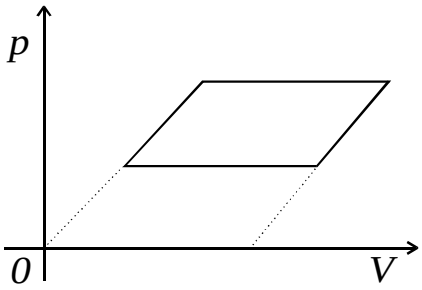
Skupina B

(1) Většinu skutečných plynů můžeme považovat za ideální při:

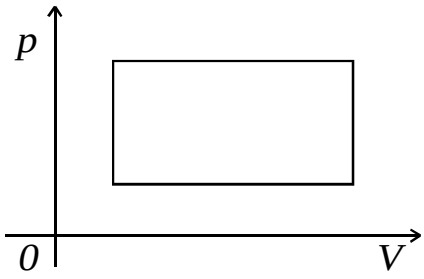
a) dostatečně vysokých teplotách a dostatečně nízkých tlacích
b) dostatečně vysokých teplotách a dostatečně vysokých tlacích
c) dostatečně nízkých teplotách a dostatečně nízkých tlacích
d) dostatečně nízkých teplotách a dostatečně vysokých tlacích

(2) Který graf v *p*-*V* diagramu odpovídá kruhovému ději (s ideálním plynem) složenému ze dvou izobarických a dvou izochorických dějů?

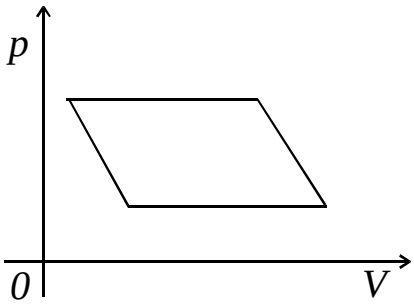
a)



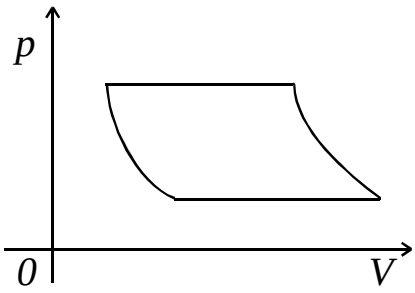
b)



c)



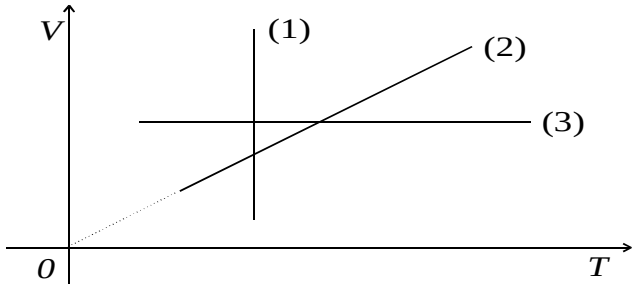
d)



(3) Pro potenciální energii E_p soustavy molekul ideálního plynu platí:

a) $E_p > E_k$, kde E_k je celková kinetická energie soustavy molekul ideálního plynu.
b) $E_p > 0$
c) $E_p = 0$
d) $0 < E_p < E_k$

(4) Na obrázku je *V*-*T* diagram ideálního plynu.



4.1) Úsečka (1) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
a) izochoru
b) adiabatu

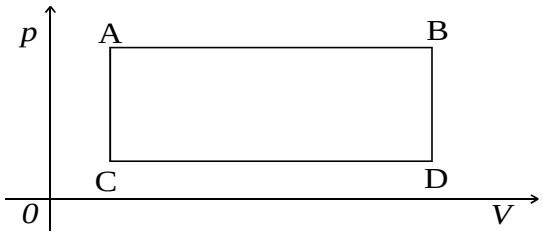
4.2) Úsečka (2) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

4.3) Úsečka (3) znázorňuje:

a) izotermu
b) izobaru
c) izochoru
d) adiabatu

(5) V *p*-*V* diagramu je znázorněn kruhový děj s plynem.



5.1) Během děje AB:

a) plyn teplo přijímá
b) plyn teplo odevzdává
c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

5.2) Během děje BC:

a) plyn teplo přijímá
b) plyn teplo odevzdává
c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

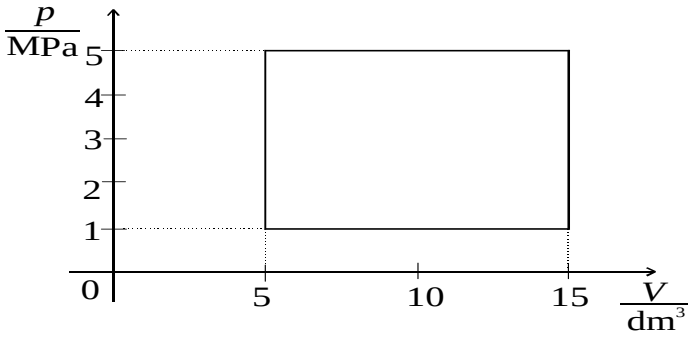
5.3) Během děje CD:

a) plyn teplo přijímá
b) plyn teplo odevzdává
c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

5.4) Během děje DA:

a) plyn teplo přijímá
b) plyn teplo odevzdává
c) nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

(6) Vypočtěte práci vykonanou plynem během jednoho cyklu kruhového děje, který je znázorněn v *p*-*V* diagramu.



(7) Při jaké teplotě ve °C bude mít kyslík dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky?

(8) Při kruhovém ději plyn přijme od ohřívače teplo 8300 kJ a chladiči předá teplo 2075 kJ. Jaká je účinnost v % tohoto kruhového děje?

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Plyny

Skupina B

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte! Kód
(1) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(2) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(3) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(4)	
4.1) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
4.2) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
4.3) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(5)	
5.1) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐	☐
5.2) ☐ ☐ ☐	☐
5.3) ☐ ☐ ☐	☐
5.4) ☐ ☐ ☐	☐

Řešení úloh (6), (7), (8) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh

Soubor úloh: Plyny, Skupina B

úloha 1) a

úloha 2) b

úloha 3) c

Pro ideální plyn platí, že molekuly na sebe s výjimkou vzájemných srážek navzájem silově nepůsobí, přitom doba trvání se srážky je ve srovnání se střední dobou volného pohybu molekuly zanedbatelně malá. Z toho plyne, že potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je nulová.

úloha 4.1) a

Úsečka (1) je kolmá na osu *T*, znázorňuje tedy děj, při němž T = konst.

úloha 4.2) b

Úsečka (2) je grafem přímé úměrnosti mezi objemem a termodynamickou teplotou, tedy grafem funkce V = konst $\cdot\ T$. Tato rovnice je stavovou rovnicí izobarického děje s ideálním plynem.

úloha 4.3) c

Úsečka (3) je kolmá na osu *V*, znázorňuje tedy děj, při němž V = konst.

úloha 5.1) a

úloha 5.2) b

úloha 5.3) b

úloha 5.4) a

úloha 6)

Celková práce vykonaná plynem během jednoho cyklu kruhového děje je znázorněna obsahem plochy uvnitř křivky v *p*-*V* diagramu.

Tedy: $W = \Delta p \Delta V$,

z grafu plyne: $\Delta p = (5 - 1)\ \text{MPa} = 4\ \text{MPa} = 4 \cdot 10^6\ \text{Pa}$,

$\Delta V = (15\text{-}5)\ \text{dm}^3 = 10\ \text{dm}^3 = 10 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$,

číselně: $W = 4 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ \text{J} = 4 \cdot 10^4\ \text{J}$.

Plyn vykonal práci $4 \cdot 10^4$ J.

úloha 7)

Stavová rovnice pro izobarický děj s ideálním plynem má tvar $\frac{V}{T}$ = konst. Je-li $V_2 = 2V_1$, pak $T_2 = 2T_1$.

Číselně: $T_1 = (20 + 273)\ \mathrm{K} = 293\ \mathrm{K}$,

$$T_2 = 2T_1 = 586\ \mathrm{K},$$

$$t_2 = (586 - 273)\ ^\circ\mathrm{C} = 313\ ^\circ\mathrm{C}.$$

Kyslík bude mít dvojnásobný objem při teplotě 313 °C.

úloha 8)

Pro účinnost kruhového děje s plynem platí: $\eta = \frac{W'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$,

kde W' je práce, kterou plyn vykonal, Q_1 je teplo, které plyn přijal od ohřívače, a Q_2 je teplo, které plyn předal chladiči.

Číselně: $\eta = 1 - \frac{4150}{8300} = 0{,}5.$

Účinnost kruhového děje je 75 %.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

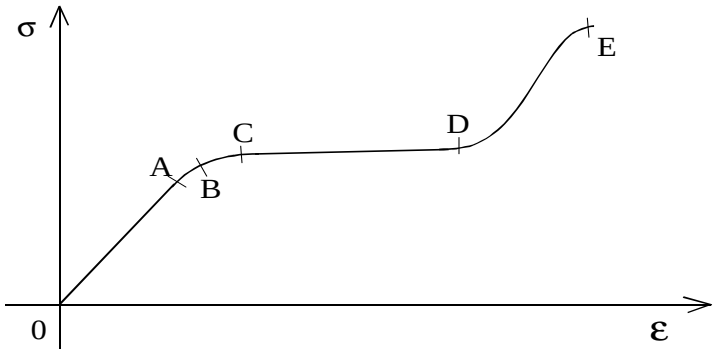
Soubor úloh: Plyny, Skupina B

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1	2.3A	rozhodnout, zda lze v daném problému použít modelu ideálního plynu
2	2.3B	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
3	2.2A	uvést složky vnitřní energie tělesa (soustavy) z hlediska kinetické teorie látek
4.1, 4.2, 4.3	2.3A	Úloha by se dala přiřadit ke stejnému cíli jako úlohy 1.1, 1.2, 1.3 ve Skupině A po navržené úpravě cíle (viz kapitola 4.3).
5.1, 5.2, 5.3, 5.4	2.3B	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
6	2.3B	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 (Úloha odpovídá druhé části cíle.)
7	2.3B	odvodit ze stavové rovnice pro ideální plyn vztahy mezi teplotou, tlakem a objemem pro děj izotermický, izobarický, izochorický
8	2.3B	řešit jednoduché úlohy užitím vztahu pro účinnost ideálního tepelného motoru

5.3.5 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina A

(1) Na obrázku je křivka deformace tahem měkké oceli.

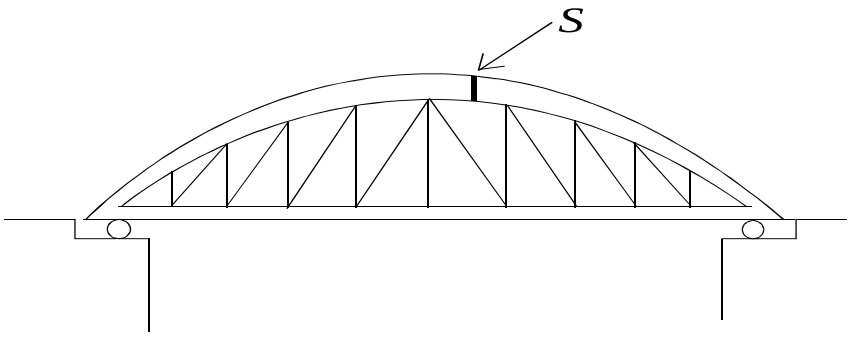


1.1) Určete, která část křivky (označte dvěma krajními body z bodů O, A, B, C, D, E) vyjadřuje popis deformace Hookovým zákonem.

1.2) Určete, která část křivky (označte dvěma krajními body z bodů O, A, B, C, D, E) odpovídá elastické deformaci.

1.3) Určete, která část křivky (označte dvěma krajními body z bodů O, A, B, C, D, E) odpovídá plastické deformaci.

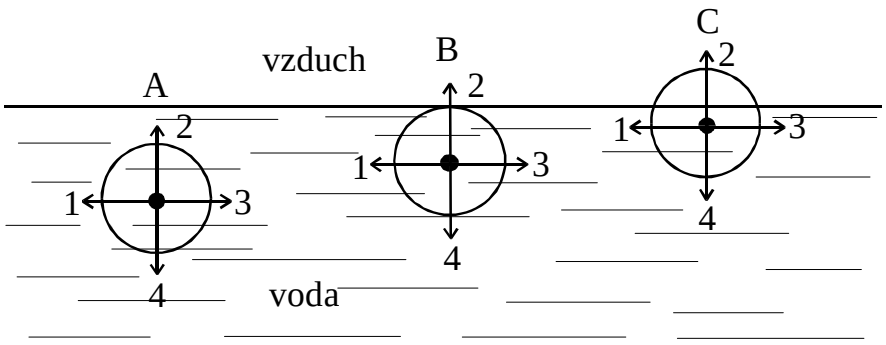
(2) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.



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

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

(3) Na obrázku jsou znázorněny molekuly vody (plný malý kroužek) na různých místech pod rozhraním voda - vzduch a jejich sféry molekulového působení.



3.1) Výsledná síla působící na molekulu A (uvažujeme pouze přitažlivé síly mezi molekulami):

a) je nulová
b) má směr 1
c) má směr 2
d) má směr 3
e) má směr 4

3.2) Výsledná síla působící na molekulu B (uvažujeme pouze přitažlivé síly mezi molekulami):

a) je nulová
b) má směr 1
c) má směr 2
d) má směr 3
e) má směr 4

3.3) Výsledná síla působící na molekulu C (uvažujeme pouze přitažlivé síly mezi molekulami):

a) je nulová
b) má směr 1
c) má směr 2
d) má směr 3
e) má směr 4

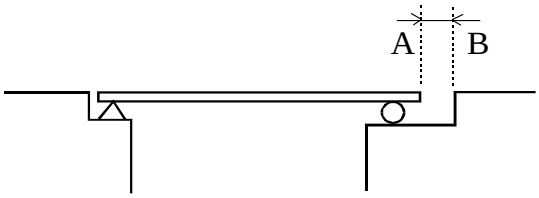
(4) Tři stejné nádoby jsou při 20 °C těsně pod okraj naplněny kyselinou dusičnou, petrolejem a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu.
Nejvíce přeteče nádoba:

a) s kyselinou dusičnou
b) s petrolejem
c) s vodou

(5) Do kádinky s vodou jsou zasunuty dvě kapiláry - kapilára 1 o vnitřním průměru D_1 a kapilára 2 o vnitřním průměru $D_2 = 2{,}5D_1$. V kapiláře 1 vystoupí voda do výšky h_1 nad hladinou vody v kádince, v kapiláře 2 do výšky h_2. Jaký je poměr výšek $h_1 : h_2$?

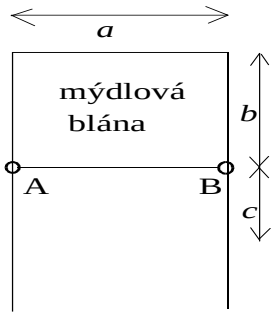
a) 5 : 4
b) 4 : 5
c) 1 : 4
d) 5 : 2

(6) Železná lávka má při teplotě 20 °C délku 20 m. Na jednom pilíři je uchycena napevno, na druhém spočívá na válci, který se může pohybovat (viz obrázek).



Jakou je třeba nechat minimální vzdálenost AB mezi krajem lávky a krajem pilíře, pokládáme-li lávku při 20 °C a předpokládáme-li, že se během roku lávka zahřeje maximálně na 70 °C? (Uvažujte pouze délkovou roztažnost lávky.)

(7) Na obrázku je drátěný rámeček, jehož příčka AB je pohyblivá. V rámečku je zachycena mýdlová blána (viz obrázek).



Jakou práci je třeba vykonat k posunutí příčky o vzdálenost *c*?
***a* = 5 cm**
***b* = 3 cm**
***c* = 2 cm**
Povrchové napětí mýdlové vody ve styku se vzduchem je 40 mN · m^{-1}.

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina A

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte ! Kód
(1) **1.1)** _____	☐
1.2) _____	☐
1.3) _____	☐
(2) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(3) **a** **b** **c** **d** **e**	
3.1) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐
3.2) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐
3.3) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(4) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(5) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐

Řešení úloh (6) a (7) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh
Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina A

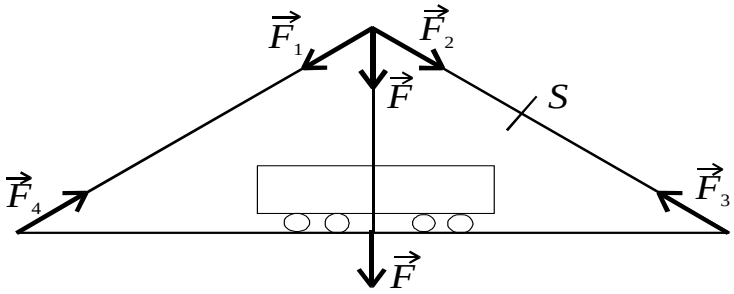
úloha 1.1) OA, odpovídá lineární části křivky

úloha 1.2) OB, odpovídá oblasti, kde platí Hookův zákon (lineární části křivky) a dopružování (úsek AB)

úloha 1.3) BE

úloha 2) a

Zjednodušeně si můžeme situaci představit takto:



Síla $\vec{F}$, kterou působí projíždějící vlak na most, se přenáší svislým nosníkem do horní části konstrukce, kde se rozkládá na síly $\overrightarrow{F_1}$ a $\overrightarrow{F_2}$. K těmto silám působí jako reakce síly od pilíře mostu $\overrightarrow{F_3}$ a $\overrightarrow{F_4}$. Proto jsou plochy *S* na horním pásu namáhány hlavně v tlaku. Most je takto mnohem odolnější vůči plastické deformaci, než kdyby horní vyztužovací pás neměl.

úloha 3.1) a

Sféra molekulového působení dané molekuly je definována tak, že molekuly kapaliny, které jsou dále od dané molekuly, než je poloměr sféry molekulového působení, na danou molekulu působí zanedbatelně malými silami. Molekuly uvnitř sféry působí na danou molekulu stejně velkými silami do všech směrů. Je-li tedy sféra molekulového působení celá v kapalině, výsledná síla působící na danou molekulu je nulová.

úloha 3.2) a

Situace je naprosto stejná jako v úloze 3.1.

úloha 3.3) e

Zde již sféra molekulového působení celá v kapalině není. Hustota molekul vzduchu v horní části sféry je značně menší než hustota molekul vody v dolní části sféry, a proto přitažlivá síla směrem 2 je značně menší. Výsledná síla proto směřuje dovnitř, kolmo na hladinu kapaliny, směrem 4.

úloha 4) c

Pro teplotní objemovou roztažnost platí: $V = V_1(1+\beta\Delta t)$, $\Delta t = t_2 - t_1$, kde V je objem při vyšší teplotě t_2, V_1 objem při teplotě t_1 a β je teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny.

V MFChT je uveden β takto:

kyselina dusičná	$1{,}24 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{K}^{-1}$
petrolej	$0{,}96 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{K}^{-1}$
voda	$0{,}18 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{K}^{-1}$

Nejvíce tedy zvětší objem kyselina dusičná.

úloha 5) d

Výšku vody v kapiláře můžeme spočítat z rovnosti hydrostatického tlaku v kapiláře a kapilárního tlaku pod zakřiveným povrchem vody v kapiláře.

Tedy: $h\rho g = \frac{2\sigma}{R}$, kde h je výška hladiny vody v kapiláře nad volným povrchem vody v kádince, ρ je hustota vody, g tíhové zrychlení, σ povrchové napětí vody, R vnitřní poloměr kapiláry.

Ze vztahu $h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$ plyne, že h je nepřímo úměrné R ($h \sim \frac{1}{R}$),

a tedy $h_1 : h_2 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} = R_2 : R_1 = D_2 : D_1$, D je průměr kapiláry.

Číselně: $h_1 : h_2 = 2{,}5 : 1 = \frac{5}{2}$.

úloha 6)

$l_1 = 20$ m, $t_1 = 20$ °C, $t_2 = 70$ °C

Údaj, který student zjistí z MFChT: $\alpha(\mathrm{Fe}) = 0{,}012 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$.

Δl = ?

Minimální vzdálenost AB mezi okraji lávky a pilíře je rovna vzdálenosti, o kterou se lávka vlivem zahřátí protáhne.

Použijeme tedy vztah $l = l_1(1 + \alpha\Delta t)$, kde l_1 je délka lávky při původní teplotě, l je délka lávky po zahřátí na teplotu t, Δt rozdíl teplot a α teplotní součinitel délkové roztažnosti železa.

Ze vztahu $l = l_1(1 + \alpha\Delta t)$ plyne $l - l_1 = \Delta l = l_1\alpha\Delta t$.

Číselně: $\Delta l = 20 \cdot 0{,}012 \cdot 10^{-3} \cdot 50$ m = 0,012 m.

Mezi krajem lávky a krajem pilíře je třeba nechat minimální vzdálenost 1,2 cm.

Úloha 7)

$a = 5$ cm $= 5 \cdot 10^{-2}$ m, $b = 4$ cm $= 4 \cdot 10^{-2}$ m, $c = 7$ cm $= 7 \cdot 10^{-2}$ m,

$\sigma = 40$ mN $\cdot$ m^{-1} $= 40 \cdot 10^{-3}$ N $\cdot$ m^{-1}

W = ?

Práce W, kterou je třeba vykonat, je rovna změně povrchové energie blány ΔE. Ta je přímo úměrná zvětšení obsahu plochy blány ΔS, konstantou úměrnosti je povrchové napětí σ. Nesmíme zapomenout, že blána má dva povrchy.

Tedy: $W = \Delta E = 2\sigma\Delta S = 2\sigma ac$.

Číselně: $W = 2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 7 \cdot 10^{-2}$ J $\approx 3 \cdot 10^{-4}$ J.

K posunutí příčky je třeba vykonat práci přibližně $3 \cdot 10^{-4}$ J.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina A

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1.1, 1.2, 1.3	2.3A	určit z tabulek nebo z grafu mez pružnosti, mez pevnosti, dovolené napětí a součinitel bezpečnosti a používat je v praktických problémech
2	2.3A	určit v konkrétním případě, o který druh jednoduché deformace pevného tělesa jde
3.1, 3.2, 3.3	2.3A	úloha nelze zcela přesně přiřadit k nějakému cíli ze současného katalogu, souvisí s cílem: vysvětlit kvalitativně zakřivení povrchu kapaliny při stěnách nádoby a v kapilárách a vznik kapilární elevace a deprese
4	2.3B	řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost
5	2.3A	vysvětlit kvalitativně zakřivení povrchu kapaliny při stěnách nádoby a v kapilárách a vznik kapilární elevace a deprese (Úloha neodpovídá cíli zcela přesně – požaduje nejen kvalitativní ale i kvantitativní vysvětlení.)
6	2.3B	řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost
7	2.3B	vypočítat povrchovou sílu pomocí povrchového napětí a obráceně (u rovinného povrchu kapaliny a při jejím vytékání kapilárou)

5.3.6 Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina B

(1) Představme si, že by voda nesmáčela stěny nádoby, do které je nalita. Rozhodněte, zda pak platí následující tvrzení.

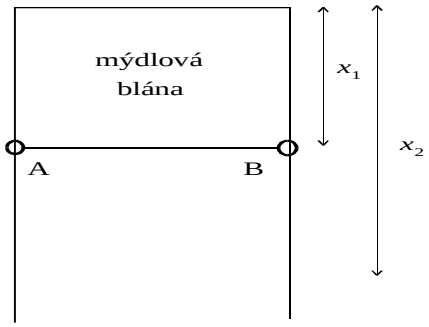
1.1) Kapky vody by měly kulový tvar.

1.2) Docházelo by ke vzlínání vody do stěn domů.

1.3) Povrch vody u stěn nádoby by měl dutý tvar.

1.4) V kapiláře zasunuté do kádinky by voda vystoupila níže než je její volný povrch v kádince.

(2) V drátěném rámečku, jehož příčka AB je pohyblivá, je zachycena mýdlová blána (viz obrázek).



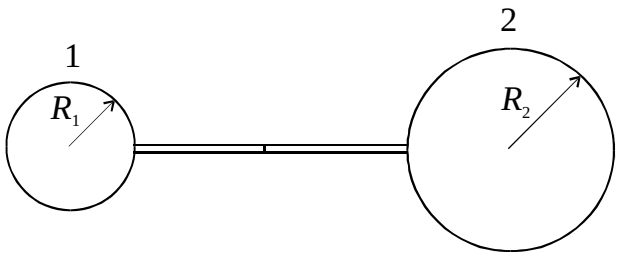
Jak se změní povrchová energie blány, posuneme-li příčku AB do vzdálenosti $x_2 = 2x_1$ od horní příčky rámečku?

a) dvakrát se zvětší
b) čtyřikrát se zvětší
c) dvakrát se zmenší
d) nezmění se

(3) Tři nádoby jsou při 20 °C těsně pod okraj naplněny kyselinou dusičnou, petrolejem a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu.
Nejméně přeteče nádoba:

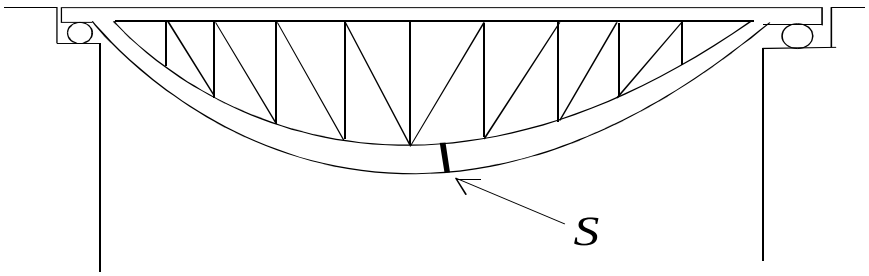
a) s kyselinou dusičnou
b) s petrolejem
c) s vodou

(4) Na jednom konci jedné trubice je vyfouknutá mýdlová bublina 1 o poloměru R_1, na jiné trubici je vyfouknutá bublina 2 o poloměru R_2, $R_2 > R_1$. Trubice spojíme tak, aby mohl volně proudit vzduch jen mezi vnitřky bublin (viz obrázek). Co se stane?



a) Obě bubliny zachovají svou původní velikost.
b) Objemy obou bublin se vyrovnají.
c) Bublina 2 splaskne a bublina 1 se zvětší o objem bubliny 2.
d) Bublina 1 splaskne a bublina 2 se zvětší o objem bubliny 1.

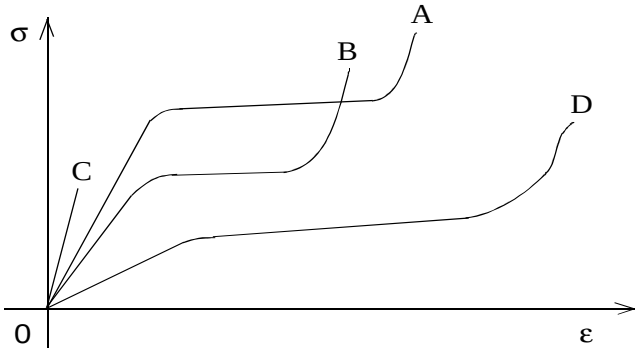
(5) Na obrázku je konstrukce železničního mostu s vyznačenou plochou *S*.



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

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

(6) 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.



6.1) Nejvyšší mez pružnosti má:

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

6.2) Jako první se přetrhl:

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

6.3) Jako poslední se přetrhl:

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

6.4) Ještě než se přetrhl, se nejvíce prodloužil:

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

(7) Železná měřicí tyč s vyznačenými centimetry a milimetry měří správně při teplotě 20 °C. Tuto tyč ohřejeme na teplotu 520 °C. Předmět o původně naměřené délce 0,500 m s ní nyní naměříme:

a) delší
b) kratší

(8) Ocelové lano jeřábu má mez pevnosti v tahu 1000 MPa. Lano má kruhový průřez o poloměru 0,5 cm. Koeficient bezpečnosti je 5. Jaká je maximální hmotnost břemena, které může tento jeřáb zvedat?

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny

Skupina B

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte ! Kód
(1) **Ano** **Ne** **1.1)** ☐ ☐ **1.2)** ☐ ☐ **1.3)** ☐ ☐ **1.4)** ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐
(2) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐ **e** ☐	☐
(3) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(4) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(5) **a** ☐ **b** ☐ **c** ☐ **d** ☐	☐
(6) **a** **b** **c** **d** **6.1)** ☐ ☐ ☐ ☐ **6.2)** ☐ ☐ ☐ ☐ **6.3)** ☐ ☐ ☐ ☐ **6.4)** ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐
(7) **a** ☐ **b** ☐	☐

Řešení úlohy (8) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh

Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina B

úloha 1.1) Ano

úloha 1.2) Ne

úloha 1.3) Ne

úloha 1.4) Ano

úloha 2) a

Změna povrchové energie blány ΔE je přímo úměrná změně obsahu povrchu blány ΔS ($\Delta E = \sigma \Delta S$). Je-li $x_2 = 2x_1$, pak $S_2 = 2S_1$. Povrchová energie se tedy dvakrát zvětší.

úloha 3) d

Pro teplotní objemovou roztažnost platí: $V = V_1(1 + \beta \Delta t)$, $\Delta t = t_2 - t_1$, kde V je objem při vyšší teplotě t_2, V_1 objem při teplotě t_1 a β je teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny.

V MFChT je uveden β takto:

kyselina dusičná	$1{,}24 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{K}^{-1}$
petrolej	$0{,}96 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{K}^{-1}$
voda	$0{,}18 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{K}^{-1}$

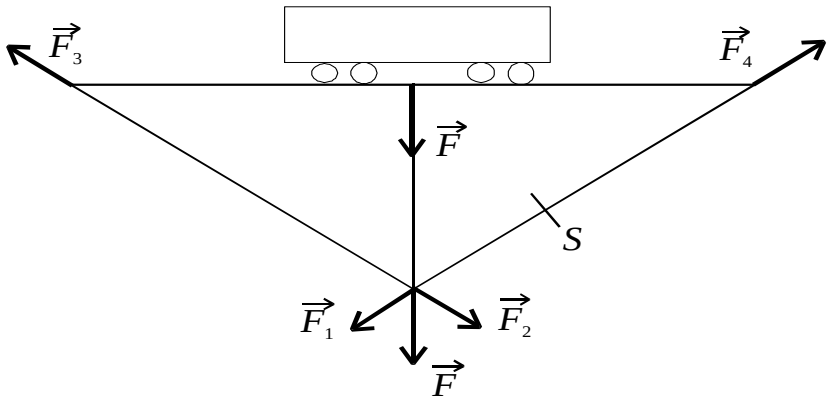
Nejméně tedy zvětší objem voda.

úloha 4) d

Pod vypuklým povrchem je vnitřní tlak ve srovnání s tlakem pod vodorovným povrchem větší o kapilární tlak $p_k = \frac{2\sigma}{R}$, kde σ je povrchové napětí kapaliny a R je poloměr zakřivení povrchu. Protože kapilární tlak je nepřímo úměrný poloměru zakřivení, je větší tlak v menší bublině. Proto bude proudit vzduch z menší do větší bubliny až menší zanikne.

úloha 5) b

Zjednodušeně si můžeme situaci představit takto:



Síla $\vec{F}$, kterou působí projíždějící vlak na most, se přenáší svislým nosníkem do dolní části konstrukce, kde se rozkládá na síly $\overrightarrow{F_1}$ a $\overrightarrow{F_2}$. K těmto silám působí jako reakce síly od pilíře mostu $\overrightarrow{F_3}$ a $\overrightarrow{F_4}$. Proto jsou plochy *S* na horním pásu namáhány hlavně v tahu. Most je takto mnohem odolnější vůči plastické deformaci, než kdyby dolní vyztužovací pás neměl. Častěji lze ve skutečnosti vidět most s horním vyztužovacím pásem, který je uveden v úloze 2 Skupiny A, ale i mosty s dolním vyztužovacím pásem se u nás vyskytují.

úloha 6.1) a

Po dosažení meze pružnosti nastává plastická deformace. Tuto mez odečítáme z osy σ. Z grafu je vidět, že nejvyšší ji má drát A.

úloha 6.2) c

Je to drát, jehož křivka deformace končí pro nejmenší zatížení, tj. pro nejmenší hodnotu normálového napětí σ.

úloha 6.3) a

Je to drát, jehož křivka deformace končí pro největší zatížení, tj. pro nejvyšší hodnotu normálového napětí σ.

úloha 6.4) d

Drát D vykazuje nejvyšší hodnotu relativního prodloužení ε.

úloha 7) b

Zahřejeme-li tyč, roztáhne se a měřicí dílky se tak posunou dále od sebe. Skutečný milimetr bude tedy kratší než dílek představující milimetr na tyči.

úloha 8)

σ = 1000 MPa = 1000 · 10^6 Pa, r = 0,5 cm = 5 · 10^{-3} m, Z = 5

---

m = ?

Vyjdeme ze vztahu $\sigma = \frac{F}{S}$, kde σ je mez pevnosti, F síla působící na lano a S plocha průřezu lana.

Platí: $F = m_t g$, $S = \pi r^2$, kde m_t je hmotnost břemena, které teoreticky jeřáb uzvedne (tj. bez započítání bezpečnostních podmínek), r je poloměr lana.

Tedy: $$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{m_t g}{\pi r^2},$$

odtud: $$m_t = \frac{\sigma \pi r^2}{g}.$$

Povolená hmotnost je Z krát menší než teoretická, Z je koeficient bezpečnosti.

Tedy: $$m = \frac{m_t}{Z} = \frac{\sigma \pi r^2}{gZ},$$

číselně: $$m = \frac{1000 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{10 \cdot 5} \text{ kg} \approx 1{,}6 \cdot 10^3 \text{ kg}.$$

Maximální hmotnost břemene pro tento jeřáb je přibližně 1,6 t.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

Soubor úloh: Pevné látky, kapaliny, Skupina B

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1.1, 1,2, 1.3, 1.4	2.3B	aplikovat kapilární jevy na praxi (vzlínavost vody do povrchových vrstev půdy, vlhnutí zdiva a jeho izolace, knoty, vyživování rostlin)
2	2.3B	úloha nelze zcela přesně přiřadit k cílům ve stávajícím katalogu, souvisí s cílem: vypočítat povrchovou sílu pomocí povrchového napětí a obráceně (u rovinného povrchu kapaliny a při jejím vytékání kapilárou)
3	2.3B	řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost
4	2.3A	Úloha nelze přiřadit k žádnému cíli v katalogu, žádný cíl přímo nepožaduje po studentovi znalost kapilárního tlaku, pomocí něhož se tento jev vysvětluje. V cíli: „vysvětlit kvalitativně zakřivení povrchu kapaliny při stěnách nádoby a v kapilárách a vznik kapilární elevace a deprese“ se však objevuje pojem kapilarity, z čehož vyplývá, že student by tyto pojmy znát měl. Úloha tedy nepřekračuje rámec katalogu.
5	2.3A	určit v konkrétním případě, o který druh jednoduché deformace pevného tělesa jde
6.1, 6.2, 6.3, 6.4	2.3A	určit z tabulek nebo z grafu mez pružnosti, mez pevnosti, dovolené napětí a součinitel bezpečnosti a používat je v praktických problémech
7	2.3B	řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost
8	2.3A	určit z tabulek nebo z grafu mez pružnosti, mez pevnosti, dovolené napětí a součinitel bezpečnosti a používat je v praktických problémech (Úloha odpovídá druhé části cíle.)

5.3.7 Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina A

(1) Tvorba ranní rosy je projevem:

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

(2) V nádobě je uzavřena kapalina a její sytá pára. Co nastane, zvětšíme-li izotermicky objem nádoby?

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

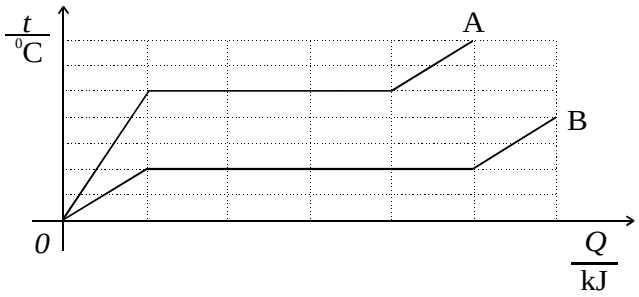
(3) Teplotu varu kapaliny při daném vnějším tlaku lze zjistit:

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

(4) Těleso z látky v pevném skupenství o teplotě tání roztálo. Jak se změnila jeho vnitřní energie?

a) Vzrostla.
b) Klesla.
c) Nezměnila se.
d) Záleží na druhu látky.

(5) Na obrázku je graf znázorňující přechod dvou těles A a B z pevného do kapalného skupenství.



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.

(6) Do nádoby s vodou je vhozen kus ledu. Co můžeme prohlásit o výšce hladiny v nádobě po roztátí ledu?

a) Klesne.
b) Stoupne.
c) Zůstane ve stejné výši.
d) Bez znalosti hmotnosti ledového kusu nelze rozhodnout.

(7) Jaký příkon musí mít ohřívač, aby za čtyři hodiny přeměnil led o hmotnosti 5 kg a teplotě –10 °C na páru o teplotě 100 °C? Účinnost ohřívače je 50 %. Měrná tepelná kapacita ledu je 2100 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$. Tepelné ztráty do okolí během ohřívání zanedbáváme.

(8) Vodě o hmotnosti 2 kg bylo dodáno teplo, které se spotřebovalo k jejímu ohřátí z 20 °C na 100 °C a za teploty varu k jejímu úplnému vypaření. Kolik % z celkové dodané energie bylo spotřebováno k vypaření vody? Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina A

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

	Do tohoto sloupce nic nevpisujte ! Kód
a b c d	
(1) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(2) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(3) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(4) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(5) ☐ ☐ ☐ ☐	☐
(6) ☐ ☐ ☐ ☐	☐

Řešení úloh (7) a (8) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na zbytek této stránky, popř. Na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh

Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina A

úloha 1) a

Kondenzace je přechod látky z plynného skupenství do kapalného. Ranní rosa je zkondenzovaná vodní pára.

úloha 2) b

Tlak syté páry nezávisí při stálé teplotě na objemu páry. Zvětšíme-li objem prostoru nad kapalinou izotermicky, část kapaliny se vypaří a opět se vytvoří rovnovážný stav, při kterém tlak syté páry dosáhne původní hodnoty.

úloha 3) b

úloha 4) a

Přijímá-li krystalická látka teplo, vzrůstá střední kinetická energie kmitavého pohybu částic. Částice zvětšují své rozkmity, a tím se zvětšuje i střední vzdálenost mezi nimi. Dosáhne-li látka teploty tání, nabývají rozkmity částic takových hodnot, že se narušuje vazba mezi částicemi. Částice se uvolňují ze svých rovnovážných poloh a začínají se uvnitř látky pohybovat jako v kapalině. Tím se zvětšuje střední potenciální energie částic. Při teplotě tání je tedy vnitřní energie roztaveného tělesa větší než vnitřní energie téhož tělesa v krystalickém stavu při téže teplotě.

úloha 5) d

Energie (teplo) potřebná k roztavení je znázorněna vodorovnou částí grafu (zde látka taje). Ta je pro obě tělesa nestejně dlouhá.

úloha 6) c

Výška hladiny vody v nádobě je stejná, pokud vztlaková síla působící na kostku ledu je stejná jako vztlaková síla působící na hypotetickou „kostku vody“, která vznikne z ledu po jeho roztátí. Tuto skutečnost lze odvodit takto:

Označme velikost vztlakové síly působící na hypotetickou „kostku vody” F_{VZ1}, objem vody vzniklé z kostky ledu V, hustotu vody ρ, velikost vztlakové síly působící na plovoucí kostku ledu F_{VZ2}, a objem ponořené části ledu V_p.

Pak platí: $F_{VZ1} = V\rho g, \quad F_{VZ2} = V_p\rho g.$

Protože led plave, velikost tíhové síly na něj působící je rovna velikosti vztlakové síly na něj působící.

$$F_G = F_{VZ2}$$

Je-li m hmotnost ledu, pak: $mg = V_p\rho g$.

Je-li V_1 objem celé kostky ledu a ρ_1 hustota ledu, pak $V_1\rho_1 g = V_p\rho g$, tedy $V_1\rho_1 = V_p\rho$.

Tím, že led roztaje, žádnou hmotnost neztrácí, a tedy kostka ledu a hypotetická „kostka vody" z ní vzniklá mají stejnou hmotnost m.

$$m = V_1\rho_1 = V\rho = V_p\rho$$

Tuto rovnici upravíme na tvar $V_p = \frac{\rho_1}{\rho} V_1$.

Nyní již máme dostatek informací na to, abychom dokázali rovnost velikostí sil F_{VZ1} a F_{VZ2}:

$$F_{VZ2} = V_p\rho g = V_1 \frac{\rho_1}{\rho} \rho g = V_1\rho_1 g = V\rho g = F_{VZ1}$$

Jiný způsob řešení:

Velikost tíhové síly působící na led je rovna velikosti hydrostatické vztlakové síly působící na led, a tedy tíze vody zaujímající stejný objem, jako má ponořená část ledu. Hmotnost ledu (i roztáté vody) je rovna hmotnosti vody stejného objemu, jako je ponořená část ledu. Objem roztáté vody je tedy roven objemu ponořené části ledu. Hladina vody v nádobě tedy po roztátí ledu neklesne ani nestoupne.

úloha 7)

m = 5 kg, t_1 = -10 °C, t = 100 °C, η = 50 %, c_{led} = 2100 J · kg^{-1} · K^{-1}, τ = 4 h = 14 400 s

Údaje, které student zjistí z MFChT: c_{voda} = 4180 J · kg^{-1} · K^{-1}, $l_{t,led}$= 3,3 · 10^5 J · kg^{-1}, $l_{v,voda}$ = 2,26.10^6 J · kg^{-1}.

P_0 = ?

Pro příkon P_0 platí $P_0 = \frac{P}{\eta}$, kde P je výkon a η účinnost. Výkon je v tomto případě dán podílem tepla Q, které ohřívač odevzdal, a doby τ, po kterou pracoval.

$$\text{Tedy:} \quad P_0 = \frac{Q}{\tau\eta},$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

kde $Q_1 = c_{led}m(t_{t,led} - t_{led})$ je teplo, které přijme led, aby zvýšil teplotu z -10 °C na svou teplotu tání $t_{t,led}$ = 0 °C,

$Q_2 = l_{t,led}m$ je teplo, které je třeba k roztátí ledu, $l_{t,led}$ je měrné skupenské teplo tání ledu,

$Q_3 = c_{voda} m(t - t_{t,led})$ je teplo potřebné ke zvýšení teploty vody z $t_{t,led}$ = 0 °C na výslednou teplotu t = 100 °C,

$Q_4 = l_{v,voda} m$ je teplo potřebné k vypaření vody, $l_{v,voda}$ je měrné skupenské teplo vypařování vody.

Platí tedy:

$$P_0 = \frac{1}{\tau\eta} [\, c_{led} m(t_{t,led} - t_{led}) + l_{t,led} m + c_{voda} m(t - t_{t,led}) + l_{v,voda} m],$$

číselně:

$$P_0 = \frac{1}{14400 \cdot 0{,}5} \cdot [2100 \cdot 5 \cdot (0-(-10)) + 3{,}3 \cdot 10^5 \cdot 5 + 4180 \cdot 5 \cdot (100-0) + 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 5] \text{ W} \approx$$

$$\approx 2{,}1 \cdot 10^3 \text{ W}.$$

Ohřívač musí mít příkon přibližně 2,1 kW.

úloha 8)

m = 2 kg, t_1 = 20 °C, t_2 = 100 °C

Údaje, které student zjistí z MFChT: c = 4180 J.kg^{-1}.K^{-1}, $l_V = 2{,}26.10^6$ J · kg^{-1}.

---

p = ?

Podíl p je dán vztahem $p = \frac{L_V}{Q}$, kde L_V je teplo potřebné k vypaření vody a Q je teplo potřebné k ohřátí vody z 20 °C na 100 °C a k jejímu vypaření.

Tedy: $L_V = l_V m, \quad Q = cm(t_2 - t_1) + l_V m,$

odtud: $p = \frac{l_V m}{cm(t_2 - t_1) + l_V m},$

číselně: $p = \frac{2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 2}{4180 \cdot 2 \cdot 80 + 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 2} \approx 0{,}87$

K vypaření vody se spotřebuje přibližně 87 % z celkové dodané energie.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina A

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
2	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
3	2.4D	úloha nelze zcela přesně přiřadit, souvisí s cílem: určit z křivky syté vodní páry nebo z tabelovaných hodnot závislosti teploty varu vody na okolním tlaku, při které teplotě bude voda vřít za daného vnějšího tlaku
4	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
5	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
6	1.7B 2.4A	úloha odpovídá dvěma cílům: - řešit úlohy na použití Pascalova a Archimédova zákona - popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
7	2.4B	vypočítat celkové teplo potřebné k roztavení ledu dané hmotnosti a teploty menší než 0 °C a k přeměně vzniklé vody na páru při teplotě 100 °C za normálního tlaku
8	2.4B	vypočítat celkové teplo potřebné k roztavení ledu dané hmotnosti a teploty menší než 0 °C a k přeměně vzniklé vody na páru při teplotě 100 °C za normálního tlaku

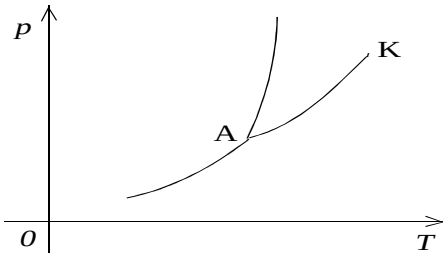
5.3.8 Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina B

(1) Tvorba jinovatky je projevem:

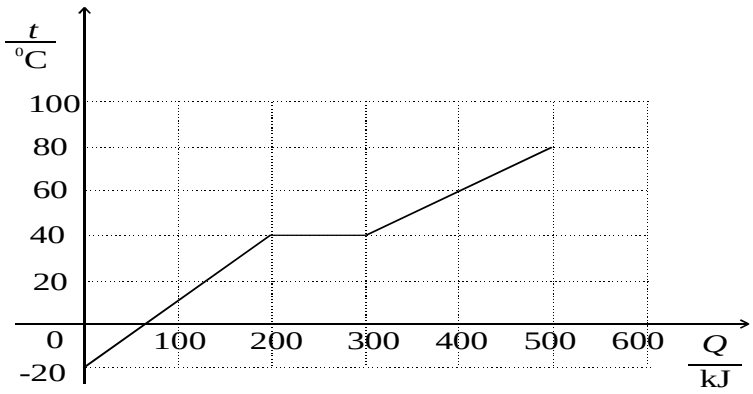
a) kondenzace
b) sublimace
c) tuhnutí
d) desublimace

(2) Jak se změní teplota varu a teplota tání látky, jejíž fázový diagram je na obrázku, snížíme-li vnější tlak?



a) Teplota varu i teplota tání se zvýší.
b) Teplota varu i teplota tání se sníží.
c) Teplota varu se zvýší, teplota tání se sníží.
d) Teplota varu se sníží, teplota tání se zvýší.

(3) Na obrázku je graf závislosti teploty tělesa o hmotnosti 0,5 kg na dodávaném teple. Teplota tělesa se nejprve zvyšuje na teplotu tání, při ní těleso celé roztaje a pak se teplota vzniklé kapaliny dále zvyšuje.



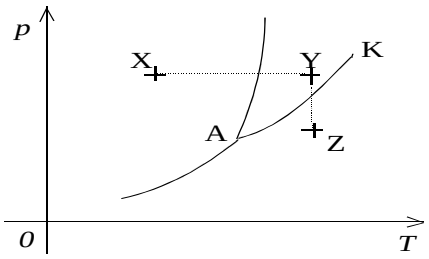
3.1) Měrné skupenské teplo tání látky, ze které je těleso vyrobeno, je:

a) 500 kJ · kg^{-1}
b) 300 kJ · kg^{-1}
c) 200 kJ · kg^{-1}
d) 100 kJ · kg^{-1}

3.2) Skupenské teplo tání daného tělesa je:

a) 500 kJ
b) 300 kJ
c) 200 kJ
d) 100 kJ

(4) Na obrázku je fázový diagram nějaké látky.



Přechod látky ze stavu X do stavu Z po křivce 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

(5) V nádobě je uzavřena kapalina a její sytá pára. Co se stane, snížíme-li teplotu soustavy?

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

(6) Proč se v zimě solí zledovatělé silnice?

a) Protože teplota tání ledu se solí zvýší a směs začne tát.
b) Protože teplota tání ledu se solí sníží a směs začne tát.
c) Protože sůl namrzá na povrch ledovky a ta se stává méně kluzkou.

7) V nádobě je 20 kg ledu o teplotě –20 °C. Jakou hmotnost vody o teplotě 5 °C je třeba přilít, aby po tepelné výměně byl v nádobě pouze led o teplotě 0 °C? Měrná tepelná kapacita ledu je 2100 J · kg^{-1} · K^{-1}. Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.

8) Jakou hmotnost uhlí o výhřevnosti 20 MJ · kg^{-1} je třeba spálit v kotli, abychom přeměnili vodu o hmotnosti 5 kg a teplotě 15 °C v páru o teplotě 100 °C, má-li kotel účinnost 10 %? Tepelné ztráty do okolí zanedbáváme.

Záznamový list odpovědí

Soubor úloh: Změny skupenství

Skupina B

Jméno a příjmení: _____

Třída: _____

		a	b	c	d	**Do tohoto sloupce nic nevpisujte ! Kód**
(1)		☐	☐	☐	☐	☐
(2)		☐	☐	☐	☐	☐
(3)	**3.1)**	☐	☐	☐	☐	☐
	3.2)	☐	☐	☐	☐	☐
(4)		☐	☐	☐	☐	☐
(5)		☐	☐	☐	☐	☐
(6)		☐	☐	☐		☐

Řešení úloh (7) a (8) <u>včetně celého postupu řešení</u> napište na zbytek této stránky, popř. na druhou stranu tohoto listu.

Vzorové řešení úloh

Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina B

úloha 1) d

Desublimace je přechod látky z plynného skupenství do pevného. Jinovatka je desublimovaná vodní pára.

úloha 2) b

úloha 3.1) c

Skupenské teplo tání L_t je vyjádřeno vodorovnou částí grafu, tedy L_t = 100 kJ, pro měrné skupenské teplo tání platí $l_t = \frac{L_t}{m}$, kde m je hmotnost tělesa.

Zde tedy: $l_t = \frac{100}{0{,}5}$ kJ · kg^{-1} = 200 kJ · kg^{-1}.

úloha 3.2) d

úloha 4) d

úloha 5) a

Snížíme-li teplotu soustavy, část páry zkondenzuje, ale výsledná pára zůstane sytá. Klesne ovšem její tlak.

úloha 6) b

Samotný led má teplotu tání 0 °C, proto, je-li teplota vzduchu nižší než 0 °C, led na silnici netaje. Solí se právě proto, že směs ledu a soli má teplotu tání nižší než 0 °C, a tak posolená ledovka taje i při nižších teplotách.

úloha 7)

m_{led} = 20 kg, t_{led} = -20 °C, t_{voda} = 5 °C, t = 0 °C, c_{led} = 2100 J · kg^{-1} · K^{-1}

Údaje, které student zjistí z MFChT: c_{voda} = 4180 J · kg^{-1} · K^{-1}, $l_t = 3{,}3 \cdot 10^5$ J · kg^{-1}.

---

m_{voda} = ?

Teplo Q_L, které přijme led k tomu, aby se zvýšila jeho teplota z –20 °C na 0 °C je rovno součtu tepla Q_V, které odevzdá voda při svém ochlazení z 5 °C na 0 °C, a tepla Q_T, které odevzdá voda při svém tuhnutí.

$$Q_L = Q_V + Q_T,$$

$$c_{led} m_{led}(t - t_{led}) = c_{voda} m_{voda}(t_{voda} - t) + l_t m_{voda},$$

odtud: $$m_{voda} = \frac{c_{led} m_{led} (t - t_{led})}{c_{voda} (t_{voda} - t) + l_t},$$

číselně: $m_{\text{voda}} = \dfrac{2100 \cdot 20 \cdot (0-(-20))}{4180 \cdot (5-0) + 3{,}3 \cdot 10^5}$ kg ≈ 2,4 kg.

Je třeba přilít přibližně 2,4 kg vody.

úloha 8)

H = 20 MJ · kg^{-1} = 20 · 10^6 J · kg^{-1}, m_{voda} = 5 kg, t_{voda} = 15 °C, t = 100 °C, η = 10 %, údaje, které student zjistí z MFChT: c_{voda} = 4180 J · kg^{-1} · K^{-1}, l_{V} = 2,26 · 10^6 J · kg^{-1}

$m_{\text{uhlí}}$ = ?

Pro výhřevnost H platí $H = \dfrac{Q}{m_{\text{uhlí}}}$, kde Q je teplo, které bylo odevzdáno při spálení uhlí o hmotnosti $m_{\text{uhlí}}$. Protože kotel nemá stoprocentní účinnost, budeme potřebovat η krát více uhlí, než kdyby ji měl, tedy: $\eta \cdot m_{\text{uhlí}} = \dfrac{Q}{H}$.

Teplo Q, které potřebujeme získat, je rovno teplu potřebnému ke zvýšení teploty vody z 15 °C na 100 °C a k jejímu vypaření, tedy:

$$m_{\text{uhlí}} = \frac{c_{\text{voda}} m_{\text{voda}} (t - t_{\text{voda}}) + l_{\text{V}} m_{\text{voda}}}{\eta H},$$

číselně: $m_{\text{uhlí}} = \dfrac{4180 \cdot 5 \cdot (100-15) + 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 5}{0{,}1 \cdot 20 \cdot 10^6}$ kg ≈ 6,5 kg.

V kotli je třeba spálit přibližně 6,5 kg uhlí.

Přiřazení testových položek ke specifickým cílům uvedeným v [4]

Soubor úloh: Změny skupenství, Skupina B

Číslo úlohy	Označení cílové kompetence	Znění specifického cíle
1	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
2	2.4B	řešit jednoduché problémy související s využitím závislosti teploty varu na tlaku v běžném životě a v technické praxi
3.1, 3.2	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
4	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
5	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
6	2.4A	popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek
7	2.4B	úloha nelze přesně přiřadit k žádnému cíli v katalogu, souvisí s cílem: vypočítat s použitím údajů v tabulkách teplo, které přijme pevné těleso dané hmotnosti, aby se změnilo v kapalinu téže teploty
8	2.4B	vypočítat celkové teplo potřebné k roztavení ledu dané hmotnosti a teploty menší než 0 °C a k přeměně vzniklé vody na páru při teplotě 100 °C za normálního tlaku (Úloha souvisí s částí cíle.)

Závěr

V rámci své diplomové práce jsem sestavil soubory úloh z učiva molekulové fyziky a termiky na gymnáziu. Soubory jsou sestaveny podle obvyklého členění této části fyziky do čtyř kapitol – základní poznatky, vnitřní energie, práce a teplo; plyny; pevné látky a kapaliny; změny skupenství. Každé kapitole odpovídají dva soubory úloh. Úlohy svým obsahem vyhovují požadavkům kladeným na studenty připravovanou společnou částí maturitní zkoušky, které jsou formulovány v [4].

Úlohy byly ověřovány v celkem sedmi třídách druhého ročníku čtyřletého a šestého ročníku osmiletého studia na gymnáziích v Benešově, v Kladně a ve Slaném.

Provedená položková analýza potvrdila skutečnost, že odpověď na uzavřené úlohy uvedou téměř všichni studenti, zatímco o řešení otevřených úloh se mnoho z nich vůbec nepokusí. Vyplývá to samozřejmě z možnosti hádat správnou odpověď na uzavřenou úlohu a pravděpodobně i z lenosti studentů řešit úlohy otevřené. Jsem přesvědčen, že v případě opravdové zkoušky, by se projevila větší snaha o řešení. Motivaci jsem se snažil zvýšit tím, že práce nebyly anonymní. Přestože studenti brzy poznali, že za svůj výkon nebudou hodnoceni platnou známkou, domnívám se, že jejich motivace k řešení byla mnohem větší, než kdy by práce anonymní byly.

Studenti nejsou příliš zvyklí pracovat s MFChT, což jsem mohl sledovat přímo při jejich práci i v odevzdaných odpovědích. Nabyl jsem dojmu, že úlohy s neúplným zadáním, kdy je třeba některé údaje v MFChT vyhledat, jsou pro většinu studentů neobvyklé.

Na základě provedené položkové analýzy jsem opravil zadání úloh, která se ukázala být nevhodná nebo nejednoznačná.

Během práce jsem narazil i na některé nesrovnalosti mezi katalogem [4] a učebnicí molekulové fyziky a termiky [3]. Ty by měly jistě být v příštích vydáních opraveny tak, aby katalog [4] nepožadoval více znalostí, než uvádí učebnice.

I přes mou snahu o eliminaci chyb a nedostatků se nějaké v navržených úlohách jistě vyskytnou, přesto věřím, že má práce nebyla marná a úlohy lze využít ve školní praxi.

Použitá literatura

[1] Hrabal V., Lustigová Z., Valentová L. (1994): Testy a testování ve škole. Středisko vědeckých informací Pedagogické fakulty UK, Praha.

[2] Chráska M. (1999): Didaktické testy. Paido, Brno.

[3] Bartuška K., Svoboda E. (1999): Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika. Prometheus, Praha.

[4] CERMAT (2000): Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky v roce 2004 – Fyzika. ÚIV, Tauris, Praha.

[5] CERMAT (2000): Koncepční záměr reformy maturitní zkoušky. ÚIV, Tauris, Praha.

[6] Mikulčák J. a kol. (1989): Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy. SPN, Praha

[7] Svoboda E. a kol. (1985): Fyzika pro II. ročník gymnázií. SPN, Praha.

[8] Bohuněk J., Kolářová R. (2002): Fyzika pro 6. ročník ZŠ. Prometheus, Praha.

Příloha

Cílové kompetence a specifické cíle pro tematický okruh Molekulová fyzika a termika

CÍLOVÉ KOMPETENCE

Cílové kompetence se vztahují k oběma částem maturitní zkoušky z fyziky, postihují tedy předmět jako celek. Mají ale i širší platnost, protože se předpokládá, že budou ovlivňovat přístupy učitelů fyziky ve výuce. Každá ze čtyř kategorií cílových kompetencí postupně označených písmeny A, B, C, D je uvedena formulací „Žák dovede".

A Osvojení poznatků a porozumění

Žák dovede:

- vysvětlit fyzikální poznatek (fyzikální fakta, jevy, děje, zákony, definice, pojmy, teorie, metody) svými slovy i s použitím odborn0 terminologie;
- 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 vztah fyzikálními pojmy slovně a matematickým vztahem, zapsat matematický vztah na základě slovního vyjádření, interpretovat matematický vztah popisující vztah mezi fyzikálními pojmy;
- vysvětlit význam vybraných fyzikálních a materiálových konstant, u zvlášť významných i reprodukovat jejich řádové hodnoty;
- vysvětlit podstatu nejdůležitějších fyzikálních teorií, o něž se opírá vývoj fyzikálního obrazu světa.

B Aplikace poznatků a řešení problémů

Žák dovede:

- řešit přiměřeně obtížné fyzikální úlohy a problémy, s nimiž se setká při studiu i v běžném životě a technické praxi; využívá při tom jednak poznatky a metody z fyziky i z dalších oblastí (především z matematiky a ostatních přírodovědných oborů), jednak základní myšlenkové operace (především analýzu, syntézu, dedukci, indukci, zobecnění a modelování);
- řešit fyzikální úlohy formálně správně (obecné řešení, číselné řešení, zkouška jednotek, správné zaokrouhlování výsledku, slovní komentář řešení);
- odhadnout výsledek řešení úlohy nebo měření a zkontrolovat správnost svého odhadu;

- 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;
- posoudit vliv fyzikálních dějů a lidské činnosti v oblasti technologií na životní prostředí;
- posoudit možnosti a způsoby, jimiž se fyzika podílí na ochraně životního prostředí.

C Pozorování, experimentování a měření

Žák dovede:

- pozorovat přiměřeně složitý fyzikální děj a zaznamenat jeho průběh a výsledky pozorování;
- vyvodit a formulovat závěry z pozorování a pozorovaný jev na přiměřené úrovni fyzikálně vysvětlit;
- formulovat (v jednoduchých případech) hypotézu, navrhnout a provést její ověření;
- navrhnout jednoduchý experiment, který demonstruje určitý fyzikální jev nebo ověřuje zákon či hypotézu;
- provést jednoduchý experiment podle vlastního nebo hotového návodu, zaznamenat jeho průběh a výsledky a na přiměřené úrovni z něj vyvodit závěry;
- sestavit podle schématu zařízení nebo elektrický obvod;
- měřit vybrané fyzikální veličiny;
- vyhodnotit měření (včetně určení odchylky měření);
- interpretovat výsledek měření a porovnat jej s teorií;
- zdůvodnit (vysvětlit) a dodržovat zásady bezpečnosti práce při experimentování;
- provádět řádové odhady hodnot měřených veličin a chyb měření.

D Komunikace

Žák dovede:

- zapsat naměřené dvojice hodnot na sobě závislých veličin do tabulky;
- odečítat hodnoty veličin z tabulky;
- najít dvojici hodnot veličin lineární interpolací;
- sestrojit graf závislosti dvou fyzikálních veličin;
- odečítat z grafu funkce hodnoty veličin;
- řešit úlohy grafickou metodou, je-li to vhodné;
- vysvětlit podle schématu nebo obrázku jednoduššího zařízení či elektrického obvodu jejich funkci;
- nakreslit schéma nebo obrázek reálného zařízení či elektrického obvodu;
- rozhodnout, které informace jsou potřebné k vyřešení dané úlohy nebo problému a tyto informace vyhledat v odborné literatuře (zejména v matematických a fyzikálních tabulkách);
- vybírat z nadbytku informací podstatné a dávat je do logických souvislostí;
- číst s porozuměním odborný text (na úrovni textu v učebnici fyziky) a podat o něm stručné a výstižné sdělení;

  hodnotit kriticky odborné údaje v běžném textu, např. v článku z novin nebo časopisu, popř. z dalších informačních zdrojů;
- vyhledávat informace pomocí elektronických prostředků (včetně internetu);
- využívat počítače při zpracování informací (výpočty, práce s texty, tabulkami, grafy);
- napsat a přednést sdělení s odbornými informacemi;
- obhajovat svůj názor v diskusi na odborné téma.

SPECIFICKÉ CÍLE

2. Molekulová fyzika a termika

2.1 Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky

2.1A Osvojení poznatků a porozumění

- vysvětlit pomocí kinetické teorie látek stejné a rozdílné vlastnosti pevných látek, kapalin a plynů;
- vysvětlit kvalitativně difuzi a uvést na ni příklady;
- vysvětlit kvalitativně Brownův pohyb;

- znázornit grafem kvalitativní závislost velikosti výsledné síly působící mezi dvěma částicemi (atomy, molekulami) na jejich vzdálenosti;
- určit v jednoduchých případech vazebnou energii molekuly, jsou-li dány potřebné údaje;
- rozhodnout v jednoduchých případech, zda soustava je, nebo není v rovnovážném stavu nebo zda probíhající děj je nebo není rovnovážný;
- vyjádřit k Celsiově teplotě odpovídající termodynamickou teplotu a naopak;
- vyjádřit fyzikální význam Avogadrovy konstanty a uvést její řádovou hodnotu.

2.1B Aplikace poznatků a řešení problémů

- 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

2.2A Osvojení poznatků a porozumění

- uvést složky vnitřní energie tělesa (soustavy) z hlediska kinetické teorie látek;
- vypočítat v jednoduchých případech změnu vnitřní energie tělesa konáním práce a tepelnou výměnou;
- vypočítat tepelnou kapacitu tělesa z měrné tepelné kapacity jeho látky;
- vypočítat teplo, které přijme (odevzdá) stejnorodé těleso při změně teploty bez změny skupenství;
- vysvětlit přenos vnitřní energie vedením, prouděním a zářením (sáláním).

2.2B Aplikace poznatků a řešení problémů

- objasnit na příkladech z běžného života změnu vnitřní energie tělesa nebo soustavy;
- řešit jednoduché úlohy na změnu vnitřní energie soustavy konáním práce a tepelnou výměnou;
- sestavit kalorimetrickou rovnici pro konkrétní případ včetně uvážení tepelné kapacity (např. kalorimetru či jiné nádoby) a řešit úlohy využitím této rovnice;
- objasnit vliv velké měrné tepelné kapacity vody na podnebí;
- objasnit princip tepelné izolace u termosky.

2.2C Pozorování, experimentování a měření

- ověřit kalorimetrickou rovnici;
- změřit měrnou tepelnou kapacitu pevné látky a kapaliny.

2.2D Komunikace

- rozhodnout, je-li určitá látka vhodná pro dané použití vzhledem k její měrné tepelné kapacitě, tepelné vodivosti, teplotám tání a varu a dalším vlastnostem; vybrat podle těchto vlastností látku vhodnou k určitému účelu;
- určit z grafu závislosti teploty tělesa dané hmotnosti jako funkce přijatého (odevzdaného) tepla měrnou tepelnou kapacitu látky, z níž je uvažované těleso.

2.3 Struktura a vlastnosti plynů, pevných látek a kapalin

2.3A Osvojení poznatků a porozumění

- rozhodnout, zda lze v daném problému použít modelu ideálního plynu;
- použít různé tvary stavové rovnice ideálního plynu (pro určité látkové množství plynu, pro určitou hmotnost plynu);
- vysvětlit průběh izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje a znázornit ho v *p*-*V* diagramu;
- používat správně měrné tepelné kapacity ideálního 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 (kvalitativně a v jednoduchých případech i kvantitativně) účinnost kruhového děje v plynu;
- určit maximální účinnost tepelného stroje pracujícího mezi dvěma tepelnými lázněmi;
- rozhodnout, které děje jsou možné a které nemožné podle druhého termodynamického zákona;
- nakreslit schematicky příklady bodových poruch krystalové mřížky;
- určit v konkrétním případě, o který druh jednoduché deformace pevného tělesa jde;
- určit z tabulek nebo z grafu mez pružnosti, mez pevnosti, dovolené napětí a součinitel bezpečnosti a používat je v praktických problémech;
- použít Hookův zákon pro pružnou deformaci tahem nebo tlakem;

- vypočítat teplotní délkovou a objemovou roztažnost tělesa z pevné látky, objemovou roztažnost kapaliny nebo změnu hustoty tělesa, jsou-li dány potřebné údaje;
- vysvětlit kvalitativně zakřivení povrchu kapaliny při stěnách nádoby a v kapilárách a vznik kapilární elevace a deprese.

2.3B Aplikace poznatků a řešení problémů

- řešit jednoduché úlohy na změnu stavu ideálního plynu pomocí stavové rovnice (vypočítat látkové množství, hmotnost, objem, hustotu, tlak a termodynamickou teplotu tohoto plynu);
- odvodit ze stavové rovnice pro ideální plyn vztahy mezi teplotou, tlakem a objemem pro děj izotermický, izobarický, izochorický;
- 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;
- řešit jednoduché úlohy užitím vztahu pro účinnost ideálního tepelného motoru;
- vypočítat velikost síly pružnosti, normálového napětí a relativního prodloužení při pružné deformaci tahem;
- řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost;
- vypočítat povrchovou sílu pomocí povrchového napětí a obráceně (u rovinného povrchu kapaliny a při jejím vytékání kapilárou);
- aplikovat kapilární jevy na praxi (vzlínavost vody do povrchových vrstev půdy, vlhnutí zdiva a jeho izolace, knoty, vyživování rostlin).

2.3C Pozorování, experimentování a měření

- navrhnout ověření stavové rovnice ideálního plynu;
- navrhnout realizaci izotermického, izobarického, izochorického a adiabatického děje s ideálním plynem ve válci s pístem;
- určit experimentálně závislost prodloužení drátu na normálovém napětí; určit modul pružnosti v tahu.

2.3D Komunikace

- 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;
- porovnat čtyřdobý zážehový motor se čtyřdobým vznětovým motorem z hlediska jejich funkce;
- navrhnout a zdůvodnit použití bimetalového pásku v praxi.

2.4 Změny skupenství látek

2.4A Osvojení poznatků a porozumění

- popsat jednotlivé změny skupenství látek a vysvětlit je z hlediska kinetické teorie látek;
- určit v jednoduchých případech stav dané páry vzhledem ke křivce syté páry a vyvodit z toho důsledky pro praxi;
- určit při dané teplotě z absolutní vlhkosti vzduchu relativní vlhkost a teplotu rosného bodu.

2.4B Aplikace poznatků a řešení problémů

- vypočítat s použitím údajů v tabulkách teplo, které přijme pevné těleso dané hmotnosti, aby se změnilo v kapalinu téže teploty;
- vypočítat s využitím údajů v tabulkách teplo, které je potřebné k úplnému vypaření kapaliny (při varu) dané hmotnosti;
- vypočítat celkové teplo potřebné k roztavení ledu dané hmotnosti a teploty menší než 0 °C a k přeměně vzniklé vody na páru při teplotě 100 °C za normálního tlaku;
- navrhnout v konkrétním případě, jak se dá zrychlit odpařování kapaliny;
- řešit jednoduché problémy související s využitím závislosti teploty varu na tlaku v běžném životě a v technické praxi.

2.4C Pozorování, experimentování a měření

- změřit měrné skupenské teplo tání ledu.

2.4D Komunikace

- určit z křivky syté vodní páry nebo z tabelovaných hodnot závislosti teploty varu vody na okolním tlaku, při které teplotě bude voda vřít za daného vnějšího tlaku;
- porovnat pomocí tabulek měrná skupenská tepla tání látek a měrná skupenská tepla varu látek, sestavit pořadí látek podle těchto dvou charakteristik a vysvětlit, co z pořadí plyne pro praxi.