Fyzika I

Seznam otázek pro zkoušku z Fyziky I

U zkoušky si každý vylosuje 2 otázky z následujícího seznamu a může si vybrat pořadí odpovídání. Další postup určí zkoušející. Odpovědět na otázku znamená vysvětlit princip příslušného jevu, uvést příklad jeho využití, a eventuálně umět provést jednoduchý související výpočet.

1. Základy vektorového počtu, složky vektoru, směrové cosiny, základní operace s vektory (po vektorový součin) a příklady jejich užití.
2. Součásti klasické a moderní fyziky. Rozměr a jednotky fyzikálních veličin. Soustava SI.
3. Základní pojmy kinematiky hmotného bodu - poloha, rychlost, zrychlení, pohyby přímočaré a křivočaré, pohyb po kružnici, úhlové veličiny.
4. Pohyby v homogenním gravitačním poli Země - volný pád a vrhy.
5. Hybnost hmotného bodu, síla a impuls síly, Newtonovy pohybové zákony.
6. Práce a výkon při pohybu hmotného bodu. Třecí síla a její vliv.
7. Mechanika soustavy hmotných bodů. I. a II. impulsová věta. Hmotný střed.
8. Mechanika dokonale tuhého tělesa. Rozklad silového působení na translační rotační složku.
9. Moment setrvačnosti a jeho výpočet, Steinerova věta.
10. Moment síly vzhledem k bodu a vzhledem k ose otáčení, moment hybnosti hmotného bodu a tělesa. Zákon zachování momentu hybnosti
11. Pohybová rovnice rotačního pohybu tuhého tělesa, příklady rotačních pohybů.
12. Kinetická energie rotujícího tělesa, práce a výkon při roztáčení (brždění) tuhého tělesa.
13. Newtonův gravitační zákon a Coulombův zákon. Gravitační a elektrostatické pole a jejich srovnání.
14. Intenzita a potenciál v gravitačním a elektrickém poli, vztah mezi intenzitou a potenciálem. Gradient.
15. Energie kinetická a potenciální. Zákon zachování energie.
16. Práce v konzervativním (gravitačním nebo elektrickém) poli.
17. Mechanické napětí, deformace, Hookův zákon, průběh deformace namáhaných těles. Potenciální energie deformovaných těles.
18. Vlastnosti kapalin, hydrostatický tlak v kapalinách a plynech, Pascalův zákon.
19. Archimédův zákon, aplikace.
20. Proudění ideální kapaliny, rovnice kontinuity, Bernoulliova rovnice, zachování hybnosti, aplikace.

Proudící kapalinu je velmi těžké fyzikálně popsat. Popisuje se pomocí **trajektorií** (křivky, po nichž se pohybují částice kapaliny v čase) a **proudnic** (křivky tečné k vektorům rychlosti). Částicí se myslí makroskopicky malý, ale i mikroskopicky velký objem kapaliny. Proudnice jsou tvořeny trubicí, která neprosakuje, vnitřek této trubice se nazývá **proudové vlákno**.

U kapalin platí základní zákony zachování množství (rovnice kontinuity), hybnosti a energie (Bernoulliova rovnice).

**Rovnice kontinuity** říká, že objemový průtok v čase se zachovává. Když mi někde teče voda tak ve všech místech proudové trubice musí protéct stejný objem vody za stejnou dobu, jinak by voda musela někde zmizet a jinde se zase objevit.

Pro proudovou trubici s průřezem S1 a S2. Platí pro **nestlačitelné kapaliny.**

U **stlačitelných kapalin** se samozřejmě může objem změnit (stlačit), každopádně konstantní zůstává množství neboli hmotnost kapaliny.

**Zachování hybnosti.** Proudění kapaliny si zachovává směr do té doby, než se objeví impuls síly, který způsobí změnu hybnosti.

**Zachování energie**. Bernoulliho rovnice vyjadřuje zákon zachování hustoty energie.

Celková energie proudící kapaliny má tři složky: tlakovou, kinetickou a potenciální.

**Příklad:** Výtok kapaliny z obrovské nádoby malým otvorem umístěným pod hladinou. Bernoulliho rovnici můžeme upravit.



Oba tlaky jsou atmosférické p1 = p2. Hloubku otvoru můžeme vyjádřit h = z1 – z2. Rychlost v1 můžeme zanedbat, protože velká hladina nádoby bude klesat veeelmi pomaaalu. Po zkrácení dostaneme **Torrichelliho vzorec**:

1. Teplota, měření teploty, teplotní roztažnost pevných látek, kapalin a plynů.

**Teplota** neoznačuje energii ve hmotě, ale pouze tepelný stav hmoty. Dá se měřit.

**Teplotní roztažnost pevných látek**. Mějme tyčinku, která má při t0 = 0°C délku l0. Pro malé teploty je její prodloužení úměrné teplotě a původní délce.

Relativní prodloužení (**deformace**)

α[K-1] je **součinitel délkové teplotní roztažnosti**.

Pro širší rozmezí teplot a větší přesnost je potřeba přidat kvadratický člen.

α1[K-1] je lineární součinitel délkové teplotní roztažnosti.

α2[K-2] je kvadratický součinitel délkové teplotní roztažnosti.

**Teplotní zatížení** může vést k **velkému mechanickému namáhání**.

**Objemová roztažnost** pevných látek.

Koeficient objemové roztažnosti β je cca trojnásobek délkové roztažnosti α. Dutina v materiálu se roztahuje stejně, jako kdyby byla vyplněna materiálem svých stěn.

**Teplotní změna hustoty**. Za předpokladu, že hmotnost se s teplotou nemění.

**Teplotní roztažnost kapalin**. U kapalin je koeficient objemové roztažnosti β řádově 100x větší než u pevných látek. Zároveň je závislý na teplotě tzn., vztah funguje pouze v malém teplotním intervalu.

Přesnější popis objemové roztažnosti vyžaduje kubický polynom.

Teplotní **roztažnost** plynů. Za konstantního tlaku se objem chová podle Gay-Lusacova zákona.

Pro většinu zředěných plynů je koeficient teplotní roztažnosti stejný α0 = 0,003661K-1. Převrácená hodnota tohoto čísla je přibližně 273,15.

Teplotní **rozpínavost** plynů. Při konstantním objemu se tlak plynů chová podle obdoby Gay-Lusacova zákona.

Koeficient teplotní rozpínavosti je stejný jako koeficient teplotní roztažnosti.

**Měření teploty**, nebo také **nultý princip termodynamiky**. Dají-li se do kontaktu dvě tělesa, jejich teploty se začnou postupně vyrovnávat, směřovat směrem k termodynamické rovnováze. Hlavní požadavky na měření teploty jsou, aby měření bylo: **snadno realizovatelné**, **citlivé**, **lineární** a **neovlivňovalo** významně **měřenou teplotu**. V těchto požadavcích se volí kompromis.

**Kapalinové teploměry**. Roztažnost nádobky s tekutinou je zanedbatelná. Rtuťová stupnice je téměř lineární, lihové teploměry nejsou lineární, ale citlivější a méně nebezpečné.

**Nejpřesnější** a **nejlineárnější**, ale nesnadno realizovatelný je **plynový teploměr** (rozpínavost zředěného plynu). K nádobce s plynem je připojena trubice ve tvaru U a k ní nádobka se rtutí. Změnou její polohy měníme tlak, aby objem plynu byl konstantní, potom teplota je úměrná tlaku.

1. Ideálního plyn. Jeho význam a stavová rovnice.

**Ideální plyn** je soubor částic, které: na sebe **nepůsobí dolekodosahovými silami**, **mají hmotnost**, jsou **nekonečně malé**, mají **kulový tvar** a **hladký povrch**, chaoticky se **pohybují a pružně** se sráží. **Celková energie** částic ideálního plynu je rovna **součtu jednotlivých kinetických energií**. Je-li systém **izolován a uzavř**en zůstává jeho **vnitřní energie konstantní**. Stejně jako hmotný bod má ideální plyn **význam** v termice a termodynamice. Lze na něm popsat řadu **obecných veličin** a poté pomocí **korekcí** můžeme dojít k **reálnému systému.**

Silně zředěné plyny mají velikou vzdálenost částic a nepůsobí tak dalekodosahovými silami. Obvykle nejsou dalekodosahové síly zanedbatelné a objevují se nové vlastnosti: kritické chování, kondenzace, supratekutost.

**Stavová rovnice.** Pro ideální plyn platí přesně Gay-Lussacův zákon. Stavová rovnice:

Pro konkrétní množství n molů platí:

R = 8,314 J/mol\*K je **univerzální plynová konstanta.** Z rovnice je patrné že při izotermické změně platí p1V1 = p2V2. To je tzv. Boyle-Marriottův zákon a je znám déle než Gay Lussacův zákon.

1. Teplo, tepelná kapacita, měrná tepelná kapacita, měrná skupenská tepla, kalorimetrie. Vedení tepla.

**Teplo** = vnitřní energie tělesa.

**Kalorimetrie** zkoumá **výměny tepla** mezi jednotlivými tělesy. Při kontaktu vždy teplejší těleso energii v podobě tepla ztrácí a chladnější ji získává. Pokud bude systém izolován, celková energie se zachovává. **Tepelná kapacita [J/K]** vyjadřuje množství **tepla potřebné k ohřátí tělesa o 1 stupeň**. **Měrné teplo [J/kg\*K]** je tepelná kapacita vztažená na 1 kg látky. Je to schopnost akumulovat teplo. Množství tepla potřebné k ohřátí jednoho kilogramu látky o 1 stupeň.

Látky mohou existovat v několika skupenstvích. Změna skupenství je spojena s výměnou tzv. **skupenského tepla [J/kg]**. Skupenské teplo je **energie** potřebná **k přeměně 1kg** látky **z jednoho skupenství na druhé**. Ve směru tání a vypařování energii dodáváme (**endotermický** proces). Ve směru kondenzace a tuhnutí je třeba energii odebrat (**exotermický** proces).

**Kalorimetr** je přístroj, který slouží ke studiu tepelných výměn (**měrných skupenských tepel**). Jsou to dobře izolované nádoby se známou tepelnou kapacitou.

Schopnost vést teplo je dáno: **plochou** kontaktu, tepelným **spádem**, **tloušťkou** vrstvy a **tepelnou** **vodivostí** materiálu. Vztah pro přenášený tepelný výkon:

**R** je tzv. **tepelný odpor**, vyjadřuje materiálové a geometrické vlastnosti. Tepelný odpor funguje podobně jako elektrický odpor. Při skládání materiálů se tepelné odpory sčítají, protože tepelný tok musí jít přes všechny materiály. Při změně vrstev se bude měnit teplota na jednotlivých rozhraních, ale celkový odpor zůstane stejný.

1. Základy kinetické teorie idálního plynu, tlak, vnitřní energie, Avogadrův a Daltonův zákon, ekvipartiční theorém.

**Kinetická teorie** popisuje mikroskopické veličiny. Obecně ukazuje, že makroskopické parametry jsou střední hodnoty veličin mikroskopických. V kulové nádobě o poloměru r máme N stejných částic ideálního plynu o hmotnosti m. N = nNA (n – množství v molech, NA – avogadrovo číslo).

N0 – číselná hustota částic a ρ jako hustota plynu. Částice plynu na sebe a na vnitřní stěny pružně narážejí. Každá část plochy je kolmá k radiále a tak se mění pouze radiální složky hybnosti. Vezmeme tedy jedinou částici systému tu, která se pohybuje přímočaře přes střed koule. Při nárazu na stěnu odevzdá částice impuls síly Fi δt = 2mvi. Tato částice narazí na stěnu na druhé straně koule v čase . Střední síla, které musí nádoba odolat, je: . Je to stejná síla pro všechny částice systému. Menší nádoba musí odolávat větší síle. Pro více částic se musí počítat s tím, že se pohybují různými směry. Průměrná síla způsobená nárazy jedné částice bude: . Ve vzorci c znamená průměr kvadrátů rychlosti (střední kvadratická rychlost). . Pro výpočet celkového tlaku všech N částic na vnitřní povrch nádoby: .

**Boltzmanův zákon** střední kvadratická rychlost je přímo úměrná teplotě a nepřímo úměrná hmotnosti částic. Konstanta k = 1,38 10-23. .

Střední kinetická energie a zároveň celková energie částice (v ideálním plynu neexistuje potenciální energie) závisí pouze na teplotě. .

**Avogadrův zákon** číselná hustota částic závisí pouze na termodynamických podmínkách nikoli na vlastnostech částic. .

**Daltonův zákon** fakt nechápu, o co jde. Něco jako celkový tlak všech částic v systému je součtem dílčích tlaků jednotlivých částic.

**Ekvipartiční theorém** – částice plynu dosud byly hmotným bodem a tedy má 3 stupně volnosti. Jednomu stupni volnosti přiřadíme střední energii. Ekvipartiční theorém říká, že tato energie se rovnoměrně rozloží do všech stupňů volnosti. Dvouatomové částice mají 5 stupňů volnosti (rotace s osou ve spojnici atomů je nevýznamná). Tří a víceatomové částice (pokud atomy neleží v jedné přímce) mají 6 stupňů volnosti. Energie 1 molu ideálního plynu s i stupni volnosti je: . Za vyšších teplot plyny se složitějšími molekulami mají větší celkovou energii, než udává předchozí vzorec, protože obsahují další tzv. vibrační stupně volnosti. Při klesající teplotě zamrzají nejprve vibrační a poté i rotační stupně volnosti.

**Shrnutí:** Tlak plynu je vyvolán nárazy na stěny, přímo úměrný číselné hustotě a buď absolutní teplotě nebo rychlosti částic. Rychlost závisí na typu částice, ale kinetická energie je rozdělena rovnoměrně. Vnitřní energie = kinetická energie je přímo úměrná teplotě a množství. Vnitřní energie je součin střední energie na 1 stupeň volnosti a počtu stupňů volnosti.

Je dobré říct, že na měsíci není vzduch, protože rychlost částic vzduchu je větší než první kosmická rychlost měsíce.

Tahle otázka je brutální masakr a chápu ji asi tak, ze 30%.

1. Termodynamický systém, uzavřený/otevřený, ne/izolovaný. Extenzivní a intenzivní parametry.

Termodynamický systém je soustava, která je oddělena od okolí. Uzavřený – nevyměňuje částice s okolím. Izolovaná nevyměňuje teplo. Stav systému je popsán parametry, které se dělí podle toho, zda s objemem rostou nade všechny meze nebo ne na extenzivní a intenzivní. Parametr A je intenzivní pokud platí: Například tlak nebo teplota. Parametr B je extenzivní pokud platí: . Například objem, vnitřní energie.

1. První věta termodynamická.

Vyjadřuje zákon zachování energie. Energii, kterou do systému dodáme ať už jako práci A nebo jako teplo Q vždy vede k růstu vnitřní energie U.

Uvážíme-li pouze objemovou práci (energie se projeví změnou objemu systému) 1. větu termodynamickou lze napsat takto:

1. Druhá věta termodynamická.

Vylučuje perpetum mobile druhého druhu. Děje v přírodě přirozeně probíhají a směřují k větší stabilitě systému. Opačně neprobíhají ani, kdyby nebyl narušen zákon zachování energie. Teplo prostě nemůže bez zásahu zvenčí přecházet z chladnějšího místa na teplejší. Neexistuje proces, který by měnil teplo v práci, aniž by při tom část tepla předával studenější lázni. Pokud by toto fungovalo, vzniklo by perpetum mobile druhého druhu.

1. Vratné kruhové děje a tepelné motory a jejich účinnost. Carnotův cyklus.

**Tepelný stroj** (motor) je zařízení, které pracuje mezi dvěma tepelnými lázněmi. V ideálním případě odebírá teplo teplejší lázni a mění ho v práci. V praxi musí v tepelném stroji fungovat kruhový děj. Stroj se cyklicky vrací do stejného stavu a může se libovolně krát opakovat. Hlavním parametrem stroje je jeho účinnost, tedy kolik z odebraného tepla skutečně změní na vykonanou práci.

Vratný izotermický děj sice změní na práci veškeré teplo, ale kruhový děj nelze realizovat pouze izotermickou přeměnou. V kruhovém ději se vždy musí část tepla dodaného motoru odevzdat do chladnějšího rezervoáru (**kompenzace**). Účinnost vždy bude menší než 1.

Tepelný motor odebírá teplo Q1 lázni o teplotě T1, vykonává práci A a odevzdává teplo Q2 chladnější lázni o teplotě T2. Kruhová děj vrací vše do počátečního stavu s původní vnitřní energií. Podle 1. věty termodynamické platí: Q1+Q2+A=0. Teplo Q2 a práce A budou záporné, protože směřují ven z tepelného motoru. Účinnost je definována jako η=A/Q1.

**Vratné kruhové děje**. Vratný tepelný stroj je abstraktní fyzikální model tepelného stroje, ve kterém probíhá vratný kruhový děj. Umožňuje stanovit obecné hranice účinnosti tepelných strojů. Všechny vratné kruhové děje musí mít stejnou účinnost.

*Mezi lázněmi o teplotách T1 a T2 pracují dva tepelné stroje. Oba odebírají stejné teplo Q1, ale první stroj vykonává větší práci než druhý. Ze zákona zachování energie, ale musí odevzdávat první stroj menší teplo chladnější lázni než druhý.*

Všechny kruhové děje mají stejnou účinnost a tak můžeme tuto účinnost zjistit, i když se budeme zabývat pouze jedním z nich. Vybereme si snadno popsatelní děj, ve kterém bude pracovat ideální plyn a to pouze objemově. Tomuto ději se říká Carnotův cyklus.

V bodě a stroj odebírá teplo teplejší lázni a koná tomu úměrnou práci. Poté se stroj izoluje a expanduje adiabaticky do bodu c, práce se koná na úkor vnitřní energie, tzn., teplota klesá. Poté se stroj uvede do styku s chladnější lázní a probíhá izotermická komprese, do systému se dodává práce, která se odevzdává chladnější lázni ve formě tepla. Do původního stavu se stroj vrací adiabatickou kompresí opět na úkor práce dodávané z venku. Účinnost lze počítat rovnou z tepla:

Z toho vyplývají dva závěry pro všechny kruhové děje. Účinnost je omezena a závisí na teplotách lázní. Teplo přenášené mezi systémem a lázní závisí pouze na její teplotě. Carnotův cyklus stanovuje horní hranici účinnosti všech možných kruhových dějů.