

## ***Státní závěrečná zkouška z předmětu „Fyzika s didaktikou“***

Státní závěrečnou zkoušku z předmětu „Fyzika s didaktikou“ musí úspěšně absolvovat každý student na závěr ve svém studijním oboru „Učitelství pro střední školy – fyzika“. Zkouška má dvě části:

- I. Didaktika fyziky
- II. Teoretická fyzika.

K přípravě studentů na obě části zkoušky sestavili pracovníci Katedry fyziky tematické okruhy, jež jsou dále uvedeny. Doba trvání ústní zkoušky je omezena na 60 minut, dalších 60 minut má student na přípravu.

## I. Didaktika fyziky

Zkouška z didaktiky fyziky je rozdělena do dvou částí:

- A. Obecná didaktika fyziky
- B. Speciální didaktika fyziky pro střední školy

Student dostává dvě otázky, jednu z části A, jednu z části B. Otázka z části A je teoretická, odpověď na otázku z části B by měl být popis modelové hodiny fyziky na gymnáziu. Student si pro přípravu může vyžádat sadu učebnic „Fyzika pro gymnázia“.

### A. Obecná didaktika fyziky

A1. Cíle a standardy fyzikálního vzdělávání: Cíle výuky fyziky, obsah fyzikálního vzdělávání, výběr učiva, systém kurikulárních dokumentů. Praktické aplikace fyziky.

A2. Fyzikální úloha: Fyzikální úloha jako model skutečnosti. Různé druhy fyzikálních úloh. Strategie řešení fyzikálních úloh. Fyzikální úlohy a mezipředmětové vztahy. Motivační úlohy ve výuce.

A3. Experiment: Technika a metodika školního demonstračního experimentu a jeho postavení ve výuce. Laboratorní a frontální experimenty. Příklady jednotlivých typů experimentů. Domácí experimenty. Počítačem podporované experimenty. Bezpečnost práce.

A4. Učitel fyziky: Charakteristika učitele fyziky. Příprava na hodinu. Plánování práce ve výuce. Formativní a sumativní hodnocení žáků. Testy ve výuce. Různé způsoby realizace zpětné vazby ve výuce fyziky. Práce s Kompetenčním rámcem absolventa a absolventky učitelství.

A5. Učebnice fyziky: Cíle a obsah. Cvičebnice a pracovní listy. Výukové texty a další zdroje s fyzikální tematikou. Online učebnice a aplety.

A6. Digitální technologie ve výuce fyziky: Digitální studijní zdroje a jejich sdílení, systémy pro řízení výuky (LMS). Digitální měřicí systémy, vzdálené experimenty. Mobilní telefony, tablety a další digitální technika ve výuce fyziky.

A7. Žákovo pojetí učiva: Prekoncepty a miskoncepce ve výuce fyziky. Jak s prekoncepty a miskoncepce ve fyzice pracovat. Příklady miskoncepce ve fyzice. Přírodovědná gramotnost a její testování. Mezinárodní průzkumy – např. PISA, TIMSS.

A8. Integrované vyučování přírodním vědám: Mezipředmětové vztahy – stav a perspektivy, koordinace výuky. Matematika ve výuce fyziky. Integrované vyučování v ČR a v zahraničí.

A9. Metody výuky fyziky: Klasifikace výukových metod a jejich specifika ve výuce fyziky; slovní, názorné a praktické metody výuky fyziky. Skupinová práce.

A10. Přírodovědné soutěže: Motivace žáků. Fyzikální olympiáda, Náboj junior, Astronomická olympiáda, Fyziklání, ... Korespondenční semináře.

## **B. Speciální didaktika fyziky pro střední školy**

B1. Kinematika hmotného bodu: Pohyb, dráha, trajektorie. Porovnání veličin charakterizujících posuvný a otáčivý pohyb.

B2. Dynamika hmotného bodu: Vzájemné působení těles, síla. Newtonovy pohybové zákony. Hybnost, zákon zachování hybnosti. Dostředivá síla.

B3. Mechanická práce a energie: Mechanická práce, kinetická a potenciální energie, zákon zachování energie, výkon a účinnost.

B4. Pohyby těles v gravitačním poli: Newtonův gravitační zákon. Pohyby těles v homogenním tíhovém poli Země, Pohyby těles v gravitačním poli Slunce, Keplerovy zákony.

B5. Mechanika tuhého tělesa: Tuhé těleso, druhy pohybu, momentová věta, dvojice sil, těžiště tělesa, moment setrvačnosti.

B6. Mechanika kapalin a plynů: Ideální kapalina a plyn, Pascalův zákon, hydrostatický tlak, Archimédův zákon, Bernoulliho rovnice.

B7. Základní poznatky molekulové fyziky a termodynamiky: Kinetická teorie látek, modely struktury látek různých skupenství, rovnovážný stav, teplota a její měření.

B8. Vnitřní energie, práce a teplo: Vnitřní energie, měrná tepelná kapacita, kalorimetrická rovnice, první termodynamický zákon.

B9. Tepelné děje v plynech: ideální plyn, stavová rovnice pro ideální plyn, izotermický, izochorický, izobarický a adiabatický děj.

B10. Struktura a vlastnosti pevných látek: Krystalické a amorfni látky, typy krystalů, deformace pevného tělesa, Hookův zákon, teplotní roztažnost pevných látek.

B11. Struktura a vlastnosti kapalin: Povrchová vrstva kapalin, povrchové napětí, kapilární jevy, teplotní objemová roztažnost kapalin.

B12. Skupenské přeměny látek: změny skupenství, fázový diagram, kritický bod.

B13. Kmitání mechanického oscilátoru: Kmitavý pohyb, fáze kmitavého pohybu, složené kmitání, kyvadlo.

B14. Zvukové vlnění: Zdroje zvuku, šíření zvuku prostředním, vlastnosti zvuku, Dopplerův jev.

B15. Elektrický náboj a elektrické pole: Elektrický náboj a jeho vlastnosti, Coulombův zákon, intenzita el. pole, vodič a izolant v elektrickém poli.

B16. Elektrický proud v kovech: Elektrický odpor, Ohmův zákon, Kirchhoffovy zákony, elektrická práce a výkon v obvodu stejnosměrného proudu.

B17. Elektrický proud v polovodičích: Polovodiče a jejich vlastnosti, přechod PN, polovodičová dioda.

B18. Elektrický proud v kapalinách a plynech: Elektrolyt, elektrolýza, Faradayovy zákony elektrolýzy. Výboje v plynech.

B19. Stacionární magnetické pole: Magnetické pole vodiče s proudem, magnetická indukce, magnetické pole cívky, magnetické vlastnosti látek.

B20. Nestacionární magnetické pole: Elektromagnetická indukce, magnetický indukční tok, Faradayův zákon elektromagnetické indukce, vlastní indukce.

- B21. Střídavý proud: Obvod střídavého proudu s odporem, s indukčností, s kapacitou. Transformátor.
- B22. Světlo jako elektromagnetické vlnění: Šíření světla, odraz a lom světla, úplný odraz.
- B23. Vlnová optika: interference světla, Youngův pokus, ohyb světla na optické mřížce, polarizace světla.
- B24. Zobrazování optickými soustavami: Zrcadla rovinná a kulová, čočky a jejich využití v praxi, oko.
- B25. Atom: struktura atomu, vlastnosti atomového jádra, vazebná energie jádra, radioaktivita.

### **Doporučená literatura:**

- ŽÁK, V. Kvalita fyzikálního vzdělávání v rukou učitele. Praha: Karolinum, 2019.
- VOLF, I. Metodika řešení fyzikálních úloh. Hradec Králové: MAFY, 1997.
- MANDÍKOVÁ, D., TRNA, J. Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky. Brno: Paido, 2011.
- KAŠPAR, E. a jiní: Didaktika fyziky (obecné otázky). 1. vyd., Praha, SPN, 1978.
- VOLF, I.: Několik úvah o experimentování ve výuce fyziky. Hradec Králové, MAFY 1997
- FENCLOVÁ, J.: Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky, 1. vyd., Praha, SPN 1982.
- FENCLOVÁ, J.: Didaktické myšlení a jednání učitele fyziky. Praha, SPN 1986.
- SVOBODA, E., KOLÁŘOVÁ, R.: Didaktika fyziky základní a střední školy (vybrané kapitoly). Karolinum Praha, 2006.
- PETTY, G., Moderní vyučování. Praha, Portál 2013.
- HALLIDAY D., RESNICK D., WALKER, J.: Fyzika, Brno: VUTIUM, 2000, ISBN 80-214-1868-0.
- LIBRA M. a kol: Fyzika v příkladech, Ústí nad Labem: R. Hájek, 2003, ISBN: 80-86540-17-0.
- LEPIL, O a kol.: Fyzika pro gymnázia, Prometheus, různá vydání.
- SVOBODA, E: Přehled středoškolské fyziky, Prometheus, různá vydání.

### III. Teoretická fyzika

Předmět se v souladu se studijním programem člení na pět dílů. Jsou to:

**A) Teoretická mechanika**

**B) Teorie elektromagnetického pole a teorie relativity speciální**

**C) Kvantová fyzika**

**D) Statistická fyzika**

**E) Vybrané aplikace teoretické fyziky (užitá teoretická fyzika)**

Díly A) až D) obsahují každý tři tematické celky, díl E) obsahuje pět tematických celků.

U státní zkoušky student dostává dvě otázky, vycházející ze dvou tematických celků. První otázka je vybrána z dílů A) až D), druhá otázka z dílu E). Předpokládá se, že v první otázce student vyloží především základní myšlenky a naznačí matematické postupy, které se týkají daného problému. Ve druhé otázce je kladen důraz na relativně úplné a přesné matematické odvození výsledků a na jejich fyzikální výklad.

Při státní zkoušce není podstatné, zda student zná „vzorce“ z paměti. Rozhodující je znalost myšlenkové cesty k nim, a pak jejich fyzikální interpretace. Proto student bude mít u státní zkoušky k dispozici sbírku „vzorců“, ovšem bez informace o významu veličin a bez podrobnějšího zařazení do kontextu.

Při zkoušce se předpokládá, že student zná definice a číselné hodnoty (řádově, v soustavě SI) těchto fyzikálních konstant: rychlost  $c$  světla ve vakuu, gravitační konstanta  $\kappa$ , Planckova konstanta  $h$ , Avogadrova konstanta  $N_A$ , hmotnost  $m_u$  (tj.  $1/12$  hmotnosti celého atomu izotopu C přibližně rovná klidové hmotnosti  $m_p$  protonu, klidová hmotnost  $m_e$  elektronu, náboj  $-e$  elektronu ( $e > 0$ ), Hubbleův koeficient  $H_0$ . Předpokládá se, že student umí jednoduše odhadnout (třeba i z rozměrové analýzy): elektromagnetický „poloměr“ elektronu, „velikost“ jádra atomu, Bohrovův poloměr, Bohrovův magneton, hmotnost  $M$  a poloměr  $R$  Slunce, dolní hodnotu hmotnosti  $M_G$  Galaxie a kritické parametry (Planckův čas, Planckova délka, kritická limitní hustota).

Při výkladu teorie postupuje student co nejjednodušší, zpravidla standardní ověřenou cestou (tj. např. obecný výklad při užití více proměnných redukuje na postup jen s jednou či dvěma proměnnými, lze-li tak učinit). Výklad zásadně doprovází obrázky!

#### A. Teoretická mechanika

A1. Definice zobecněných souřadnic, výklad pojmů: konfigurační prostor, fázový prostor. Formulace principu virtuální práce a principu D'Alembertova. Nástin odvození Lagrangeových rovnic druhého druhu, Lagrangeova funkce, pojem cyklické souřadnice. Variační formulace Hamiltonova principu a jeho využití k vyvození Lagrangeových rovnic druhého druhu. Hamiltonovy kanonické rovnice, hamiltonián a jeho fyzikální význam.

A2. Definice momentu hybnosti, tenzor setrvačnosti. Výpočet momentu setrvačnosti těles s osovou symetrií. Formulace pohybových rovnic pro pohyb tuhého tělesa (stačí si vybrat nějaké jednoduché typické příklady), Resalova věta a výklad precese setrvačnicku.

A3. Formulace a odvození rovnice kontinuity pro tekutiny (různé matematické tvary a postup od jednoho vyjádření k jinému). Bernoulliho rovnice (znát přesně význam jednotlivých členů v rovnici). Formulace a důkaz Archimédova zákona, formulace Pascalova zákona pro kontinuum. Definice mechanického napětí a Hookeův zákon pro tah/tlak a pro smyk. Zobecněný Hookeův zákon.

## **B. Teorie elektromagnetického pole a speciální teorie relativity**

B1. Maxwellovy rovnice elektromagnetického pole v integrálním a v diferenciálním tvaru, experimentální zdroje těchto rovnic, fyzikální význam hlavních a vedlejších M. rovnic, Maxwellův proud, výklad „materiálových“ vztahů (jež doplňují Maxwellovy rovnice), výklad okrajových podmínek pro řešení. Znat postup od integrálního tvaru k diferenciálnímu a zpět. Zavedení elektromagnetických potenciálů, objasnit smysl kalibrační transformace.

B2. Zákon zachování energie (jako důsledek Maxwellových rovnic), definice a význam Poyntingova vektoru. Naznačit odvození vztahů pro hustotu energie a hustotu hybnosti v elektromagnetickém poli (obecně z Maxwellových rovnic). Uvést příklady zákona zachování energie a hybnosti v elektromagnetickém poli, Kirchhoffovy zákony. Odvození vlnové rovnice z Maxwellových rovnic (pro  $j = 0$  a  $\rho = 0$ ) a její základní řešení (rovinné vlny).

B3. Naznačit odvození Lorentzových transformačních rovnic, uvést jejich důsledky (ve vztahu ke způsobu měření délek a časových intervalů). Odvodit Dopplerův jev příčný a podélný. Pohybové relativistické rovnice (uvést příklad – elektron v homogenním elektrickém poli). Zákon zachování hmotnosti – energie. Diskutovat transformaci vektorů  $\mathbf{E}$  a  $\mathbf{B}$  elektromagnetického pole v teorii relativity.

## **C. Kvantová fyzika**

C1. Formulace postulátů kvantové fyziky, relace neurčitosti a výklad jejich důsledků. Vlnová funkce, její vlastnosti a interpretace Bornova (rovnice kontinuity pro hustotu pravděpodobnosti). Kvantování základních fyzikálních veličin, jejich vyjádření operátory.

C2. Konstrukce Schrödingerovy rovnice, stacionární stavy a integrály pohybu. Naznačit postup při řešení úloh: částice v potenciálové jámě, tunelový jev, harmonický oscilátor, atom vodíku (u každé úlohy podat základní interpretace výsledků).

C3. Sternův - Gerlachův experiment, spin, výklad Zeemanova jevu. Popis soustavy mnoha částic, princip totožnosti částic a jeho důsledky (symetrizace vlnových funkcí, Pauliho princip).

## **D. Statistická fyzika**

D1. Základní pojmy a postupy statistické fyziky (definovat pojmy: statistický soubor, rozdělovací funkce, hustota stavů). Kanonické soubory. Pravděpodobnost stavu systému. Gibbsovo kanonické rozdělení a statistická definice teploty.

D2. Systémy s proměnným počtem částic, pojem a výklad chemického potenciálu z hlediska statistické fyziky. Kvantová rozdělení Fermiho-Diracovo a Boseovo- -Einsteinovo (popis základních vlastností a meze použitelnosti). Přejít k Maxwellově-Boltzmannově statistice.

D3. Základy termodynamiky. Statistická interpretace základních vět termodynamiky. Statistické pojetí entropie. Důsledky Nernstova teoremu (3. věty termodynamické).

## **E. Užitá teoretická fyzika**

E1. Pohyb bodu v poli centrální síly jako základ nebeské mechaniky (měření hmotností hvězd) a jako základ primitivní kvantové mechaniky (Bohrovo a Sommerfeldovo kvantování stavů elektronu v atomu vodíku).

E2. Důsledky relativistické dynamiky. Relativistický výpočet rychlosti nabitě částice v elektrickém poli (a srovnání s výpočtem podle klasické fyziky). Lineární a kruhové urychlovače částic (cyklotron, fázotron, betatron), srážky částic.

E3. Jednoduchá teorie tepelné roztažnosti, kmity mříže, měrné teplo (Einsteinova a Debyeova teorie).

E4. Volné elektrony v kovech, Sommerfeldův model (kvantování a statistika) a vlastnosti kovů (emise elektronů z kovů, měrné teplo elektronového plynu, paramagnetismus volných elektronů).

E5. Pole záření černého tělesa (definice veličin a výklad základních vztahů, popisujících pole záření černého tělesa, měření teplotních parametrů plazmatu ve hvězdách).

Pokyny ke studiu tematických celků uvedených v odst. E): znát základní představy, jež s problémem souvisejí (kreslit obrázky), umět jednoduše odvodit výsledek z obecnější teorie (dát pozor na přesnost a úplnost odvození, posoudit věc z hlediska fyzikálního); podat jednoduchý výklad výsledku (grafy).