

### Základy fyziky

1. I. Newtonův pohybový zákon, inerciální a neinerciální vztažné soustavy, setrvačné síly, Galileova transformace a princip relativity.
2. II. a III. Newtonův pohybový zákon, reálné síly, hybnost, zákon zachování hybnosti soustavy těles.
3. Mechanická práce a výkon, kinetická a potenciální energie tíhová, zákon zachování mechanické energie tělesa.
4. Newtonův gravitační zákon, intenzita a potenciál gravitačního pole, potenciální energie gravitační.
5. II. Keplerův zákon, centrální síla, moment hybnosti, zákon zachování momentu hybnosti tělesa.
6. Volné harmonické kmitání pružinového oscilátoru, pohybová rovnice a její řešení, parametry pružinového oscilátoru a matematického kyvadla.
7. Dynamika tuhého tělesa: moment síly a momentová věta, těžiště tělesa, moment setrvačnosti.
8. Pascalův a Archimédův zákon, základní rovnice hydrostatiky, hydrostatický tlak.
9. I. věta termodynamiky, vnitřní energie a práce termodynamické soustavy, teplo a teplota, tepelná kapacita, kalorimetrická rovnice.
10. II. věta termodynamiky, entropie, vratné a nevratné děje.
11. Tlak a stavová rovnice ideálního plynu, Boyleův–Mariottův, Gay-Lussacův a Charlesův zákon a I. věta termodynamiky. Kruhové děje s ideálním plynem, účinnost tepelných strojů.
12. Elektrostatické pole: Coulombův zákon, intenzita, superpozice, Gaussův zákon elektrostatiky; aplikace na důležité nábojové konfigurace; blízké a vzdálené pole.
13. Elektrostatický potenciál: intenzita a potenciál; výpočet potenciálu; interakční energie soustav nábojů; kapacita; energie a hustota energie elektrostatického pole; elektrický dipól, dielektrika.
14. Transport elektrického náboje: elektrický proud a proudová hustota; zákon zachování náboje; Ohmův zákon; práce, výkon, hustota výkonu; elektrické obvody, elektromotorické napětí.
15. Magnetické pole: indukce, Lorentzova síla; výpočet magnetického pole; magnetický dipól, klasifikace látek podle magnetických vlastností; Gaussův zákon pro magnetické pole.
16. Elektromagnetická indukce: Faradayův indukční zákon, Lenzovo pravidlo, indukované elektrické pole; indukčnost; energie magnetického pole; RLC obvod, rezonance.
17. Maxwellovy rovnice: doplnění Ampèrova zákona posuvným proudem; zobecnění dílčích zákonů do formy Maxwellových rovnic v integrálním a diferenciálním tvaru a jejich vlastnosti a důsledky.
18. Světlo jako elektromagnetické vlnění: Vlnová rovnice. Rovinné a sférické harmonické vlny. Polarizace. Chování elektromagnetické vlny na rozhraní dvou prostředí. Přenos energie.
19. Geometrická optika: Fyzikální vs. geometrická optika, Huygensův a Fermatův princip. Odraz a lom na rovinné a sférické ploše, čočky. Zobrazení optickým systémem, základní optické přístroje (hranoly, mikroskopy, dalekohledy).
20. Interference světla: Superpozice vln, dvousvazková interference, koherence, Youngův pokus, interference na tenkých vrstvách. Užití interference světla – optické interferometry (Michelsonův–Morleyův experiment).
21. Difrakce světla: Huygensův–Fresnelův princip, difrakční integrál. Metoda Fresnelových pásem (zón) – kruhový otvor/terčik. Fraunhoferova difrakce na štěrbině a kruhovém otvoru. Rozlišovací schopnost dalekohledu (Rayleighova mez).
22. Dualismus vln a částic, de Broglieho vlnová délka. Fotoefekt, Comptonův rozptyl, Davissonův–Germerův experiment.
23. Základní vlastnosti atomů, periodická tabulka prvků. Vznik spekter atomů. Franckův–Hertzův experiment.
24. Atomové jádro a jeho základní charakteristiky, nuklidový diagram. Přeměny atomového jádra, radioaktivita.

25. Jaderné reakce, kinematika srážek, termojaderná fúze a jaderné štěpení. Interakce ionizujícího záření s látkou.
26. Záření absolutně černého tělesa, intenzita záření, Planckův, Stefanův–Boltzmannův a Wienův posunovací zákon.
27. Lagrangeův a Hamiltonův formalismus: konfigurační prostor, Hamiltonův princip stacionární akce, Eulerovy–Lagrangeovy rovnice, integrály pohybu; fázový prostor, Hamiltonovy kanonické rovnice, Poissonovy závorky.
28. Základy kvantové mechaniky: vlnová funkce – stavový vektor, pravděpodobnostní interpretace. Časový vývoj stavu, Schrödingerova rovnice. Operátory základních fyzikálních veličin, komutátor, Heisenbergovy relace neurčitosti. Částice v nekonečně hluboké potenciálové jámě.
29. Základy statistické fyziky: fázový prostor, Liouvilův teorém, ergodická hypotéza. Statistická definice entropie. Kanonický soubor, partiční suma, ideální plyn.
30. Postuláty speciální teorie relativity a jejich důsledky: Lorentzova transformace, relativnost současnosti, dilatace času, kontrakce délek, relativistické skládání rychlostí, Dopplerův jev.

### **Astronomie a popularizace**

1. Paralaxa, obzorníkové a rovníkové souřadnice I. a II. druhu.
2. Zdánlivý denní a roční pohyb Slunce, skutečné pohyby Země, sluneční periody – dny a roky, zdánlivý a skutečný pohyb Měsíce, měsíční periody – měsíce, fáze Měsíce.
3. Zářivý výkon, jasnost a hvězdná velikost hvězd, Pogsonova rovnice.
4. I. Keplerův zákon, pohybová rovnice planet, rovnice elipsy, dráhové elementy, integrály pohybu.
5. Hmotnosti a poloměry hvězd, spektrální třídy hvězd, Hertzsprungův–Russellův diagram.
6. Klasifikace dvojhvězd, pohybové rovnice složek dvojhvězd, metody určení/odhadu hmotnosti jejich složek (hmotnostní funkce).
7. Stav látky ve hvězdném nitru, střední molekulová hmotnost, degenerovaný Fermiho plyn.
8. Hydrostatická rovnováha ve hvězdách, rovnice zachování hmoty.
9. Jaderné reakce a nukleosyntéza ve hvězdách.
10. Závěrečná stádia vývoje hvězd: bílí trpaslíci, neutronové hvězdy, černé díry.
11. Základní vlastnosti našeho vesmíru a jejich interpretace v rámci FLRW kosmologie. Fridmanova rovnice, Hubbleův parametr, parametr hustoty.
12. Astronomická CCD/CMOS fotometrie: CCD detektory, CMOS detektory, fotometrické systémy, fotometrická pozorování proměnných hvězd, zpracování pozorování.
13. Astronomická spektroskopie: fyzikální principy, typy spektrografů, struktura spekter astronomických objektů, profil spektrální čáry, základy spektrální analýzy.
14. Definice pojmu „komunikace vědy“ (současná definice „komunikace vědy“, nástroje komunikace vědy, přehled žánrů komunikace vědy používaných u nás).
15. Popularizační přednáška (základy rétoriky, pravidla pro přípravu a provedení popularizační astronomické přednášky, obsah a průběh pozorování oblohy dalekohledem pro veřejnost).
16. Komunikace s médii (krátká sdělení médiím, tiskové prohlášení, tisková konference, popularizační článek do novin, do „běžného“ časopisu, do odborného časopisu, specifika publikování na internetu). Specifika komunikace vědy v rozhlasu a televizi (připravené vystoupení, příprava na živé vysílání, rozdíly v přípravě pro rozhlas a pro televizi).
17. Základy tvorby audiovizuálních pořadů (postup při výrobě „datafonu“, tvorba videopodcastu).
18. Komunikace přírodních věd v planetáriu (historie, „full dome“ projekce, pořady v planetáriu, možnosti sférické projekce – Unisféra).

### Základy teoretické fyziky

1. Lagrangeův formalismus: systémy hmotných bodů s vazbami, Lagrangeovy pohybové rovnice; Hamiltonův variační princip; integrály pohybu.
2. Klasická teorie elastického rozptylu: rozpad částic; elastická srážka jako pohyb v centrálním poli; účinný průřez a Rutherfordův vztah.
3. Malé oscilace: vlastní a vynucené oscilace s jedním stupněm volnosti netlumené a tlumené, rezonance; vlastní netlumené oscilace s více stupni volnosti.
4. Hamiltonův formalismus: fázový prostor, Hamiltonova funkce, Hamiltonovy kanonické rovnice; Poissonovy závorky; kanonické transformace.
5. Hamiltonova–Jacobiho rovnice, její interpretace a řešení; Hamiltonova charakteristická funkce; metoda separace proměnných.
6. Tuhé těleso: kinematika, Eulerovy úhly; dynamika – tenzor momentu setrvačnosti, hlavní osy; Eulerovy dynamické rovnice; pohyb symetrického setrvačnicku volného a těžkého s fixním bodem.
7. Základy hydrodynamiky: Eulerův a Lagrangeův popis; rovnice kontinuity; tenzor napětí; newtonovská a ideální tekutina, Eulerova a Bernoulliho rovnice; hydrostatika; Navierova–Stokesova rovnice.
8. Maxwellovy rovnice v diferenciálním a integrálním tvaru a jejich interpretace.
9. Elektrostatika, elektrostatický potenciál, magnetostatika, multipólový rozvoj.
10. Časově proměnné elektromagnetické pole, energie a hybnost pole, Poyntingův vektor, polarizace. Zákony zachování v elektrodynamice.
11. Vlnová rovnice pro elektromagnetické potenciály: kalibrační transformace, Lorenzova kalibrace, retardované potenciály.
12. Pohyb nabitých částic v elektromagnetickém poli, Lorentzova síla; pohyb v homogenním elektrickém/magnetickém poli.
13. Postuláty speciální teorie relativity a jejich důsledky: Lorentzova transformace, relativnost současnosti, dilatace času, kontrakce délek, relativistické skládání rychlostí, Dopplerův jev.
14. Minkowského prostoročas: kauzální struktura, 4-rychlost, 4-hybnost. Akce pro volnou částici,  $E=mc^2$ .
15. Tenzor energie-hybnosti a zákony zachování. Dokonalá tekutina, nekoherentní prach.
16. Elektrodynamika v Minkowského prostoročase: 4-potenciál, 4-proud, tenzor elektromagnetického pole, kovariantní formulace Maxwellových rovnic ve vakuu, invarianty.
17. Historie vzniku kvantové mechaniky, základní pojmy a principy kvantové fyziky, rovnice kontinuity. Relace neurčitosti.
18. Axiomy kvantové mechaniky. Lineární harmonický oscilátor.
19. Schrödingerova rovnice, stacionární stavy. Částice v nekonečně hluboké potenciálové jámě.
20. Souvislost kvantové a klasické mechaniky, Ehrenfestovy rovnice.
21. Pohyb v centrálním silovém poli, atom vodíku a jeho energetické spektrum. Atom vodíku v magnetickém poli.
22. Nultá věta termodynamiky, definice teploty, ideální plyn, odvození a stavová rovnice.
23. První věta termodynamiky, ekvipartiční teorém, vnitřní energie ideálního plynu.
24. Druhá věta termodynamiky, entropie, vratné, nevratné a spontánní děje.
25. Carnotův cyklus na van der Waalově plynu, Carnotův teorém, účinnost tepelných strojů.
26. Maxwellovo–Boltzmannovo rozdělení rychlostí. Fázový prostor.
27. Fermiho–Diracovo a Boseho–Einsteinovo rozdělení. Ideální degenerovaný fermionový plyn, fotonový plyn.
28. Einsteinův gravitační zákon, newtonovská korespondence. Kosmologický člen.
29. Vnější Schwarzschildovo řešení, Birkhoffův teorém. Schwarzschildova černá díra, plocha  $r = 2M$ , Eddingtonovy–Finkelsteinovy souřadnice, Kruskalův diagram.

30. Gravitační vlny v linearizované teorii: linearizované Einsteinovy rovnice v Lorenzově kalibraci, TT-kalibrace, rovinná monochromatická vlna.

### Astrofyzika

1. Elementární nebeská mechanika: problém dvou těles; odvození Keplerových zákonů, metoda efektivního potenciálu, Binetovy vzorce, viriálový teorém, relativistická korekce.
2. Záření absolutně černého tělesa, intenzita záření, Planckův, Stefanův-Boltzmannů a Wienův posunovací zákon, teplota hvězd.
3. Pole pohybujícího se náboje, „radiation reaction“, synchrotronní a brzdné záření.
4. Hvězdná velikost, Pogsonova rovnice, spektrální klasifikace, H–R diagram.
5. Stav látky ve hvězdném nitru, střední molekulová hmotnost, degenerovaný Fermiho plyn.
6. Hydrostatická rovnováha ve hvězdách, rovnice zachování hmoty.
7. Zdroje energie ve hvězdách a mechanismy jejího přenosu, tepelná rovnováha. Nukleosyntéza ve hvězdách.
8. Závěrečná stádia vývoje hvězd: bílí trpaslíci, neutronové hvězdy, černé díry.
9. Klasifikace galaxií, základní vlastnosti spirálních a eliptických galaxií. Škálovací relace: Tullyho-Fisherova a Faberové-Jacksonova. Rotační křivky galaxií, temná hmota, viriálová hmotnost.
10. Mapování temné hmoty v galaxiích, MACHO, galaktický „mikrolensing“, zobrazovací rovnice, „image splitting“, faktor zvětšení, světelná křivka.
11. Relativistická sférická hvězda: T–O–V rovnice, limita nestlačitelné hvězdy, mez kompaktnosti.
12. Pohyb testovacích částic a fotonů ve Schwarzschildově prostoročase: efektivní potenciál, kruhové orbity.
13. FLRW kosmologie: Robertsonova–Walkerova metrika, Einsteinovy rovnice pro kosmickou tekutinu, Hubbleův parametr, parametr hustoty. I. věta termodynamiky, stavové rovnice kosmické látky.  $\Lambda$ CDM model vesmíru, procentuální zastoupení hlavních složek.
14. Model horkého velkého třesku. Podmínky v raném vesmíru, primordiální nukleosyntéza, reliktní fotony a neutrina.
15. Standardní model vesmíru a jeho problémy (problém plochosti, problém horizontu). Inflační hypotéza, inflatonové pole vs. kosmologická konstanta.