

ГИМНАЗИЈА
РАЗРЕД: ДРУГИ
СМЈЕР: ДРУШТВЕНО-ЈЕЗИЧКИ
НАСТАВНИ ПРЕДМЕТ: ФИЗИКА

Годишњи број часова: 72

Седмични број часова: 2

СВРХА НАСТАВНОГ ПРЕДМЕТА

Сврха учења физике у другом разреду гимназије друштвено-језичког смјера јесте да ученици стекну основно разумијевање физичких појава и закона који описују природу, развију способност логичког и критичког мишљења, као и да се упознају са научним методом као начином стицања поузданог знања. Ученици кроз наставу физике развијају функционалну писменост у области природних наука, што им омогућава боље разумијевање свијета око себе и критички однос према информацијама из науке и технологије.

ОПШТИ ЦИЉЕВИ ПРЕДМЕТА

Настава физике у гимназији друштвено-језичког смјера има за циљ да ученици:

- Развију основно разумијевање физичких појава повезаних са електромагнетизмом, таласима и савременом физиком.
- Уоче повезаност физике са свакодневним животом, технологијом и природним процесима.
- Развију научни начин размишљања: посматрање, закључивање, објашњавање и критичко процјењивање информација.
- Разумију значај физике у развоју модерне цивилизације и научне слике свијета.
- Оспособе се за коришћење основних физичких појмова при тумачењу природних појава.
- Развију интересовање за савремену науку (структура материје, квантна физика, астрофизика).
- Развију способност читања и разумијевања научно-популарних текстова из области физике.
- Усвоје основне елементе научне писмености потребне за даље образовање и свакодневни живот.

ПОСЕБНИ ЦИЉЕВИ ПРЕДМЕТА

- разумију основне особине магнетног поља и електромагнетне индукције
- схвате повезаност промјенљивих електричних и магнетних поља и њихову примјену у техници
- усвоје основне појмове осцилаторног и таласног кретања и њихову улогу у природи и свакодневном животу
- разумију основне особине звука и других таласних појава
- схвате значај квантне физике у објашњењу структуре материје
- стекну основна знања о структури атома и атомског језгра
- разумију појам радиоактивности и значај примјене нуклеарних процеса
- упознају основне карактеристике Сунчевог система, звијезда и галаксија
- развијају научни начин размишљања и способност тумачења природних појава
- уоче значај физике у развоју савремене науке, технологије и друштва

НАСТАВНЕ ТЕМЕ:

- 1. Непромјенљиво магнетно поље**
- 2. Промјенљива електрична и магнетна поља**
- 3. Осцилације**
- 4. Таласи**
- 5. Квантна физика**
- 6. Структура атома**
- 7. Структура атомског језгра**
- 8. Астрофизика**

Наставна тема: Непромјенљиво магнетно поље			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - објасни на које начине настаје непромјенљиво магнетно поље; - опише изглед Земљиног магнетног поља; - наведе од чега зависи сила узајамног дјеловања струјних проводника; - наведе од чега зависи сила узајамног дјеловања наелектрисаних честица; - дефинише магнетну индукцију, те пореди формуле са формулама за јачину електричног поља; - одређује смјер магнетне индукције правилом десног завртња и правилом десне руке (шаке); - дефинише Лоренцову силу; - одређује смјер магнетне силе правилом десне руке (шаке); - дефинише Амперову силу, те прави повезницу са Лоренцовом силом; - наводи и објашњава формуле за магнетна поља: веома дугог	Ученик ће да: - илуструје магнетно поље магнета и Земље (линије, те полови у односу на географске), те демонстрира рад компаса; - на Ерстедовом огледу демонстрира изглед магнетног поља струјног проводника (могуће је користити металне опилке или иглу); - на многобројним примјерима користећи одговарајућа правила десне руке (шаке) одређује смјер магнетне индукције, као и смјерове магнетних сила; - демонстрира или објашњава, на основу демонстрације дјеловања магнетног поља на струјни проводник, смјерове кретања проводника користећи правило десне руке (шаке); - илуструје линије магнетног поља проводника разних облика: праволинијски, навојак (прстен), соленоид (калем); - рјешава задатке са магнетном индукцијом, магнетном силом и магнетним флуksom;	Предмет: Математика Географија Рачунарство и информатика	Тема: Вектори у простору, векторски производ Опште физичко-географске одлике Земље: географски полови, магнетно поље Земље Употреба MS Excel-а за табеларно прикупљање података и графичко представљање података

праволинијског проводника, поље у средишту навојка, те унутар соленоида на његовој уздужној оси; - дефинише магнетни флуks, те разликује када је он позитиван, негативан, максималан или једнак нули; - разликује мјерне јединице за магнетну индукцију и магнетни флуks и међусобно их повезује; - изводи једначину за полупречник путање наелектрисане честице у хомогеном магнетном пољу (прво својство наведеног кретања); - изводи једначину за период честице при кретању у хомогеном магнетном пољу (друго својство наведеног кретања); - објашњава примјену првог и другог својства кретања наелектрисаних честица у хомогеном магнетном пољу на циклотрону.	- користећи симулације разматра ефекат промјене масе, брзине, наелектрисања и магнетне индукције на радијус наелектрисане честице у хомогеном магнетном пољу (такође, могуће је разматрати и смјер магнетне силе у зависности од знака наелектрисања); - истражује о акцелераторима кроз историју, те прави хронолошки инфографик; - рјешава задатке са кретањем наелектрисане честице у хомогеном магнетном пољу.		
---	--	--	--

Наставна тема: Промјенљива електрична и магнетна поља			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - објашњава појам индуковане струје, те описује процес њеног добијања у Фарадејевом огледу; - наводи начине на које се може произвести промјенљиви магнетни флукс; - дефинише појаву електромагнетне индукције; - објашњава појаву кретања проводника у хомогеном магнетном пољу, те изводи формулу за индуковани напон (електромоторну силу) на крајевима проводника; - изводи и објашњава Фарадејев закон електромагнетне индукције; - објашњава Ленцово правило на два начина; - објашњава примјену закона одржања енергије на производњу електричне струје помоћу електромагнетне индукције;	Ученик ће да: - демонстрира и објашњава Фарадејев закон користећи калем, магнет и волтметар или помоћу симулација. При томе, разматра и дискутује утицај различитих фактора на индуковани напон (брзине помјерања магнета или калема, јачине магнета, промјене површине попречног пресека калема, промјене броја навојака калема); - одређује смјер индуковане струје на многобројним примјерима користећи Ленцово правило; - рјешава карактеристичне задатке из Фарадејевог закона; - рјешава карактеристичне задатке из електромагнетне самоиндукције.	Предмет:	Тема:

- објашњава настанак индуковане електроmotorне силе самоиндукције у калему, те њен утицај на електричну струју у колу; - изводи формулу за индуковану електроmotorну силу самоиндукције, те објашњава од чега она зависи; - изводи формулу за индуктивност калема, те објашњава од чега она зависи; - објашњава расподелу енергија у струјном колу за извором, калемом и отпорником; - објашњава од чега зависе енергија и густина енергије магнетног поља и електромагнетног поља.			
---	--	--	--

Наставна тема: Осцилације			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - дефинише величине које описују хармонијске осцилације (период, фреквенција, кружна фреквенција, елонгација, амплитуда); - запише и објасни формуле за елонгацију, брзину и убрзање код линеарног хармонијског осцилатора (ЛХО); - препозна и дефинише величине у формули за период осциловања ЛХО; - графички представи осцилацију (елонгација у зависности од времена); - објасни претварање потенцијалне у кинетичку енергију и обрнуто код ЛХО; - дефинише математичко клатно и изведе формулу за период осциловања математичког клатна; - разликује слободне, пригушене и принудне осцилације;	Ученик ће да: - уочи и препозна наведене величине на примјеру осциловања тега на опрузи; - идентификује равнотежни и амплитудни положај; - измјери вријеме трајања једне осцилације математичког клатна; - повеже хармонијско осциловање са равномјерним кружним кретањем; - одреди гравитационо убрзање мјерењем дужине и периода математичког клатна; - наводи примјере различитих врста осциловања; - погледа видео рушења моста под утицајем вјетра; - рјешава карактеристичне рачунске задатке из области осцилације; - израчуна убрзање земљине теже на основу мјерења периода и дужине математичког клатна (лабораторијска вјежба);	Предмет: Математика Географија Рачунарство и информатика	Тема: Тригонометријске функције, график и периодичност Графичко представљање функција Степеновање, корјеновање Периодична кретања, ротација, револуција, смјена годишњих доба Употреба MS Excel-а за табеларно прикупљање података и графичко представљање података

- дефинише електромагнетне осцилације (затворено осцилаторно коло); - уочи аналогију између механичких и електромагнетних осцилација; - објасни појаву резонанције и наведе корисне и штетне ефекте резонанције.	- одреди коефицијент еластичности опруге на основу мјерења периода осциловања (лабораторијска вјежба).		
--	--	--	--

Наставна тема: Таласи			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - опише настанак таласа; - разликује трансверзалне и лонгитудиналне таласе; - дефинише амплитуду, фреквенцију, период, таласну дужину и брзину простирања таласа; - разликује брзину осциловања честица средине и брзину таласа;	Ученик ће да: - демонстрира таласе на затегнутом конопцу; - примијени једначину таласа у рјешавању једноставнијих задатака; - направи пано или графички приказ спектра електромагнетних таласа са карактеристикама дијелова спектра и њиховом примјеном;	Предмет: Математика Географија	Тема: Тригонометријске функције, график и периодичност Графичко представљање функција Степеновање, корјеновање Логаритми Земљотреси

- препозна једначину таласног кретања и графички је представи; - објасни настанак електромагнетних таласа; - разликује затворено и отворено осцилаторно коло; - објасни формулу за брзину електромагнетних таласа у вакууму и некој средини; - опише слагање таласа; - дефинише прогресивни и стојећи талас и уочава међусобне разлике; - дефинише звук и наведе звучне изворе; - објасни карактеристике звука; - дефинише Доплеров ефекат и његове практичне примјене; - објасни карактеристике инфразвука и ултразвука као и њихове практичне примјене; - дефинише свјетлост као електромагнетни талас којег карактеришу и таласна и честична својства; - дефинише монохроматску и кохерентну свјетлост; - дефинише закон преламања и одбијања;	- пронађе везу између Максвелове теорије и Херцових експеримената и открића; - опише своје доживљаје звука из разних ситуација; - користи звучну виљушку као извор звука, уз ефекте резонанције; - истражи историјски развој природе свјетлости у науци (Њутн - Хајгенс - Максвел - Планк - Ајнштајн - Луј де Брољ); - помоћу дифракционе решетке одреди таласну дужину употријебљене свјетлости (лабораторијска вјежба); - рјешава карактеристичне рачунске задатке из области таласи.	Рачунарство и информатика	Употреба MS Excel-а за табеларно прикупљање података и графичко представљање података
---	--	----------------------------------	--

- објасни Јунгов експеримент; - наведе услове за добијање интерференционих максимума и минимума; - дефинише дифракцију свјетлости; - уочи разлику између интерференционих и дифракционих максимума; - напише једначину дифракционе решетке; - објасни поларизацију свјетлости и начине на које се свјетлост може поларизовати; - нацрта и прикаже Брустеров угао; - објасни дисперзију свјетлости и прикаже разлагање бијеле свјетлости при проласку кроз призму.			
--	--	--	--

Наставна тема: Квантна физика			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - препозна да закони квантне физике важе увијек, али долазе до изражаја тек у микро – свијету; - опише фотон као честицу свјетлости или најмањи енергетски “пакет” свјетлости; - објасни “дуалну” (честичну и таласну) природу свјетлости и хипотезу де Броља који је претпоставио исто “дуално” понашање и за честице; - опише фотоефекат као појаву у којој свјетлост може да “избаци” електроне из метала; - илуструје Хајзенбергов принцип неодређености као немогућност истовременог мјерења положаја и брзине електрона; - расправља о принципу суперпозиције у квантној физици и како процес мјерења утиче на овај принцип; - објасни појам “кубита” и упореди рад квантних рачунара	Ученик ће да: - наброји примјере у којима се свјетлост понаша као талас, а у којима се понаша као честица; - расправља о “црвеној граници” фотоефекта и формулише зашто неке таласне дужине свјетлости изазивају фотоефекат, а неке друге таласне дужине никада не могу довести до фотоефекта; - повеже Хајзенбергов принцип неодређености са фотографисањем брзог аутомобила (ако је фотографија оштра - не знамо брзину; ако је фотографија мутна - не знамо положај аутомобила); - повеже принцип суперпозиције са мисаоним експериментом о „Шредингеровој мачки” - расправља о предностима рада квантних рачунара (већа брзина), али и о њиховим недостацима (осјетљивост на спољашње утицаје, захтјев за рад на веома ниској температури).	Предмет: Рачунарство и информатика	Тема: Алгоритми - основни појмови и принципи (у оквиру ове теме из информатике се изучавају алгоритми који су базирани на бинарној логици - тј. стању логичке “нуле” или логичке “јединице”, док је појам “кубита” базиран на принципу суперпозиције - тј. стања које обједињава и логичку “нулу” и логичку “јединицу” у једно - обједињено стање!)

са класичним (бинарним) рачунарима.			
-------------------------------------	--	--	--

Наставна тема: Структура атома			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - наброји историјске моделе атома (Демокритова теорија недјеливости атома, Далтонова теорија, Томсонов модел атома – „пудинг са грождем”); - исприча Радерфордов експеримент расејања алфа-честица на танкој златној фолији и опише Радерфордов модел атома; - опише састав атома (језгро којег чине неутрони и протони и око језгра електронски омотач), али и објасни чињеницу да је атом већином “празан” простор; - дефинише атомски и редни број атома (чији састав и број	Ученик ће да: - пореда по временској оси (у форми инфографика) како су филозофи и научници промишљали о грађи материје и моделима атома; - нацрта шему електронских орбита око језра атома, те дискутује под којим условима електрон пређе са ниже на вишу орбиту (уз апсорпцију енергије, тј. свјетлости) и под којим када електрон пређе са више на нижу орбиту (уз емисију енергије, тј. свјетлости); - уради оглед теста боје пламена код горења дрвених штапића (који су раније били уроњени у различите растворе: бакар-сулфата, стронцијум-хлорида,	Предмет: Математика	Тема: Статистички модели зависности (у оквиру ове теме из математике дискутовати одбацавање детерминистичких модела неодређености путање електрона око језгра у корист статистичких модела)

дефинише “личну карту” атома), као и изотопе (који се разликују по броју неутрона); - опише Боров модел атома (атомско језгро око којег круже електрони по сталним електронским орбитама); - повеже Боров модел (који стабилна стања атома интерпретира са сталним електронских орбитама) и Франк-Херцове огледе; - пореди Борову теорију (електронска орбита) са савременом квантном сликом атома (електронски облак умјесто тачно одређене орбите); - пореди спонтану емисију зрачења и стимулисану емисију зрачења код ласера; - препозна опасност од ласерског зрачења по људско око и класификује класе ласера (од 1. до 4. класе).	баријум-хлорида, натријум-хлорида, калијум-хлорида, ...) и интерпретира боје пламена као спонтане прелазе електрона са побуђених (виших) електронских орбита на ниже орбите и процеса спонтане емисије свјетлости; - нацрта шему енергетских нивоа стања инверзне насељености код ласера и стимулисане емисије свјетлости; - опише на који начин се користи датирање фосила помоћу изотопа угљеинка ^{14}C.		
---	---	--	--

Наставна тема: **Структура атомског језгра**

Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - опише структуру атомског језгра — да наведе нуклеоне (протон и неутрон), објасни шта је редни (атомски) и шта масени број и шта су изотопи; - опише природу нуклеарних сила и наведе њихове основне особине: краткодометност, привлачност, независност од врсте нуклеона, засићење; - објасни појам дефекта масе и енергије везе језгра и повеже их са стабилношћу језгра; - тумачи појам времена полураспада и константе радиоактивног распада и наведе примјере природних радиоактивних језгара; - разликује α, β и γ зрачење према природи, продорној моћи и јонизационом дејству; - опише шта је нуклеарна реакција и наведе разлику између хемијских и нуклеарних реакција; - објасни процесе фисије и фузије и наведе примјере у природи и техници (Сунце,	Ученик ће да: - препозна протоне и неутроне на моделу или цртежу језгра и одреди Z, A и N за неколико изотопа (^1H, ^2H, ^3H, ^{12}C, ^{14}C, ^{235}U, ^{238}U); - израчуна дефект масе и енергију везе по нуклеону за лагано и тешко језгро (нпр. ^4He и ^{238}U) на основу датих маса протона, неутрона и језгра и упоредити их; - анализира криву енергије везе по нуклеону и објасни зашто се енергија ослобађа и при фисији тешких и при фузији лаких језгара; - на конкретним примјерима запише нуклеарне реакције уз поштовање закона очувања масеног и редног броја: α-распад ^{238}U, β-распад ^{14}C, фисија ^{235}U, фузија деутеријума и трицијума; - израчуна колико језгара остане после n-полураспада за изотопе различитих периода (^{14}C — 5730 година; ^{131}I — 8 дана; ^{222}Rn — 3,8 дана) и повеже резултат са	Предмет: Математика Хемија Биологија Историја	Тема: Експоненцијална функција Изотопи, периодни систем елемената Дјеловање зрачења на живе организме, примјена нуклеарне физике у медицини Хирошима и Нагасаки, Менхетн пројект

нуклеарна електрана, водоничка бомба); - наведе примјене нуклеарних реакција у енергетици, медицини (РЕТ, радиотерапија) и индустрији; - разумије принципе детекције радиоактивног зрачења (Гајгеров бројач, маглена комора, сцинтилациони детектор); - дефинише појам апсорбоване дозе зрачења и наведе јединицу (греј); - опише дјеловање радиоактивног зрачења на живе организме (соматски и генетски ефекти); - наведе основне начине заштите од радиоактивног зрачења (вријеме, растојање, заклон); - наведе основне карактеристике и класификацију елементарних честица (лептони, кваркови, бозони — без улажења у детаље Стандардног модела); - дискутује о етичким и друштвеним аспектима употребе нуклеарне енергије.	примјеном (датирање, медицинска дијагностика, радон у становима); - посматра демонстрациони оглед детекције радиоактивног зрачења Гајгеровим бројачем (природни фон — позадинско зрачење, узорак калијум-хлорида или гранитни узорак); - користи онлајн ресурсе и симулације - припреми кратку презентацију (5–7 минута) на једну од тема: Чернобил и Фукушима, Хирошима и Нагасаки, нуклеарна медицина (РЕТ, радиотерапија), радиокарбонско датирање, Марија Кири, нуклеарна електрана Кршко, ИТЕР пројекат фузионог реактора; - дискутује о етичкој димензији нуклеарне физике — двојака природа открића (енергија и оружје), одговорност научника, међународни уговори и агенције (NPT - Уговор о неширењу нуклеарног оружја, IAEA - Међународна агенција за атомску енергију). - Напомена о лабораторијским вјежбама:		
---	---	--	--

	Тема Структура атомског језгра не предвиђа обавезну лабораторијску вјежбу у програмским садржајима за друштвено-језички смјер. Уколико школа располаже Гајгеровим бројачем, наставник може реализовати показну вјежбу мјерења природног радиоактивног фона као допуну предавању.		
--	--	--	--

Наставна тема: Астрофизика			
Исходи учења	Активности ученика	Међупредметно повезивање	
Ученик ће бити способан да: - дефинише астрофизику као дио физике који проучава физичке процесе у васиони и наведе разлику између астрономије (посматрачке) и астрофизике (физичка интерпретација); - наведе основне астрофизичке методе истраживања — посматрања у различитим дијеловима спектра (видљива	Ученик ће да: - упоређује величине у Сунчевом систему користећи модел у размјери (нпр. Сунце као лопта пречника 1 метар → Земља као зрно бибера на 100 метара) — конкретан осјећај колико је свемир „празан“; - користи мобилне апликације (Stellarium Mobile, SkyView, Star Walk) за идентификацију звијезда,	Предмет: Математика Хемија Биологија Географија Историја	Тема: Пропорција и размјера, степен Поријекло водоника, доминантност водоника у космосу Сунчево зрачење и фотосинтеза Сунчев систем, климатске промјене

свјетлост, радио, инфрацрвено, рендгенско, гама), спектроскопија, фотометрија; - опише специфичности астрофизике у односу на остале природне науке — немогућност експеримента, ослањање искључиво на свјетлост и друге сигнале из свемира, велике временске и просторне скале; - наведе објекте који насељавају васиону — планете, патуљасте планете, мјесеце, астероиде, комете, метеоре, звијезде, маглине, звјездана јата, галаксије, јата галаксија; - дефинише галаксију и истакне визуелне особине различитих типова — спирална (Млијечни пут, Андромеда), елиптична, неправилна; - опише у главним цртама нуклеарне реакције у унутрашњости звијезда (протон-протонски ланац, CNO циклус) које им дају енергију и одређују животни пут; - опише животни циклус звијезде различите масе — рађање у	савијезија и планета на ноћном небу — циљ је препознати Велики медвјед, Сјеверњачу, Орион и према њима се оријентисати у времену и простору; - посматра слике галаксија из Хабл и Џејмс Веб телескопа (NASA APOD — Astronomy Picture of the Day) и класификује их према Хаблу (E, S, SB, Irr); - анализира спектре звијезда различитих температурних класа (O, B, A, F, G, K, M) и објасни због чега се по спектру одређује температура, хемијски састав и брзина приближавања / удаљавања; - израчуна колико свјетлост путује до Сунца (≈ 8 минута), до најближе звијезде Проксима Кентауре ($\approx 4,2$ године), до средишта Млијечног пута ($\approx 26\,000$ година), до Андромеде ($\approx 2,5$ милиона година) — циљ је увести појам свјетлосне године; - припреми кратку презентацију (5–7 минута) на једну од тема: Кеплерови закони и потврда хелиоцентричног система, црне рупе и хоризонт догађаја, Хаблов		Никола Коперник, Галилео Галилеј, Јохан Кеплер
---	--	--	---

молекулском облаку, главни низ, црвени див, бијели патуљак / неутронска звијезда / црна рупа; - наведе објекте који чине Сунчев систем — Сунце, осам планета, патуљасте планете (Плутон, Ерида), Кајперов појас, Оортов облак; - наведе основне физичке особине Сунца — маса, пречник, температура површине, период ротације, извор енергије; - препозна водеће космолошке теорије о постанку и развоју васионе — Велики прасак, инфлација, тамна материја, тамна енергија — и њихове основне доказе (космичко микроталасно позадинско зрачење, црвени помак галаксија).	закон и ширење васионе, потрага за вансоларним планетама и животом, мисије Војаџер 1 и 2, телескопи свемирског доба (Хабл, Џејмс Веб); - дискутује о значају астрофизичких открића за савремени поглед на свијет — антропоцентризам, наша позиција у васиони, питање ванземаљског живота.		
---	--	--	--

Дидактичко-методичка упутства и препоруке

Наставна тема: Непромјенљиво магнетно поље

У овој теми битно је ученицима скренути пажњу на начине производње непромјенљивог магнетног поља, те интеракције различитих тијела (магнета, наелектрисања и проводника) помоћу магнетног поља. Битно је да схвате појам магнетне индукције, те магнетног флукса, које могу да повежу са електричним пољем. Од велике је користи провјежбати правило десне руке на многобројним дијаграмима са различитим орјентацијама поља и магнета. Битно је да се разликује правило десне руке за одређивање правца и смјера магнетне индукције и правило десне руке за одређивање правца и смјера магнетне силе. Могуће је користити и правило лијеве руке за одређивање смјера магнетне силе, међутим треба нарочито пазити да не долази до конфузије са правилом десне руке за магнетну силу. Масени спектрометар и магнетна резонанца се могу увести као презентација за ученике који су заинтересовани да изађу ван оквира наставног програма. Такође, за додатно истраживање у овој теми препоручује се велики хадронски колајдер (енгл. Large Hadron Collider - LHC). Пожељно је пронаћи што више фасцинантних чињеница о овом акцелератору у CERN-у.

Демонстрације у овој теми су многобројне:

- Магнетно поље магнета или струјног проводника се може демонстрирати помоћу металних опиљака или игле, те коришћењем компаса који се постави у близину струјног проводника. Може се ученицима извести тај оглед најприје без објашњења, а затим да они покушају доћи до закључка знајући на шта и како игла компаса реагује (Ерстедов оглед).
- Амперова сила се може једноставно демонстрирати коришћењем ширег потковичастог магнета, струјног проводника објешеног нитима за сталак, те извора струје. Може се обрнути смјер струје, те ученици требају закључити како ће то утицати на смјер магнетне силе. Користан је наредни видео: <https://www.youtube.com/watch?v=F1PWnu01IQg>
- Такође, корисна је и наредна симулација, у којој ученици могу самостално да истражују: https://www.walter-fendt.de/html5/phen/lorentzforce_en.htm
- Кретање наелектрисаних честица у хомогеном магнетном пољу ученици могу да истражују, нпр.уз помоћ унапријед припремљених радних листова са истраживачким питањима, уз помоћ наредне симулације: <https://ophysics.com/em7.html>
- Корисно је показати видео принципа рада циклотрона: <https://www.youtube.com/watch?v=m2jp0klZHEE>

Наставна тема: Промјенљиво магнетно поље

У овој теми фокус је на Фарадејевом закону електромагнетне индукције. Важно је да ученици схвате зашто је магнетни флукс толико значајна величина и да управо његова промјена доводи до производње електричне струје. Такође, требају да разумију на које све начине се може мијењати магнетни флукс, нарочито знајући дефиницију магнетног флукса. Ово се може повезати са радом генератора и

трансформатора, што наглашава примјену и важност ове појаве. Иако нису предвиђени да се обрађују у наставном програму, могу се задати ученицима који су заинтересовани да прошире своје знање, да обраде основне принципе рада генератора и трансформатора и укратко презентују остатку одјељења. Овдје се препоручује употреба многобројних видеа или симулација, или уколико је могуће, демонстрација.

Корисно је да се изведе формула за Фарадејев закон, јер слиједи из наученог из претходне теме и омогућава да се боље схвате сами процеси који се одвијају у проводнику при промјени флукса. Ленцово правило често представља тежи дио ове теме. Стога се препоручује да се на што више примјера са различитим оријентацијама проводника и магнетног поља провјежба примјена знања овог правила. Ови примјери се могу ученицима иштампати у виду радних листова, при чему ће ученици најприје самостално радити. Након тога би слиједила дискусија и провјера. Битно је да ученици схвате са становишта закона одржања енергије зашто Ленцово правило мора да постоји.

Веома је поучно да ученици ураде једноставни Фарадејев оглед са магнетом, калемом и амперметром. Могу да испитују начине на које се може произвести струја (могу да помјерају магнет или калем). Може се користити и сноп савитљиве жице. Тиме ученици могу да мијењају површину попречног пресека и број намотаја. Или да користе калемове са различитим бројем намотаја.

Могуће је и да користе симулацију (уз припремљене радне листове са истраживачким питањима): https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-electromagnetic-lab/latest/faradays-electromagnetic-lab_all.html?locale=sr

У овој симулацији могу да истражују магнетно поље користећи иглу компаса, да генеришу струју помјерањем калема, да испитују магнетно поље калема, те испитују принцип рада генератора и трансформатора.

Наставна тема: Осцилације

Наставна тема осцилације би требало да буде наставак и проширење градива са којим су се ученици срели у току основне школе. Конкретним примјерима (кретање казаљке на сату, планета око Сунца, смјене годишњих доба, тег окачен о опругу, жица на гитари) потребно је приближити ученицима величине које карактеришу осцилаторно кретање. Одређивање периода сатне, минутне и секундне казаљке је примјер у којем можете закључити како ученици размишљају и усвајају појам периода осциловања. Битно је нагласити да реални осцилатори у времену губе енергију због трења, отпора ваздуха или на други начин. Закони осцилаторног кретања и њихова веза са кружним кретањем сигурно ће бити јаснији ако се погледа визуелизација на <https://www.youtube.com/watch?v=9r0HexjGRE4&t=1s> и <https://www.youtube.com/watch?v=T7fRGXc9SBI>. Примјену пригушених осцилација објаснити на примјеру амортизера. Штетни ефекти резонанције су на <https://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>, а поменути и осцилације у грађевинарству- мостови, зграде. Ученицима би било корисно рачунске задатке раздјелити по тежини јер ће се на тај начин сигурно више мотивисати за рад.

Наставна тема: Таласи

На самом почетку ове теме јасно нагласити блиску повезаност осцилација и таласа, али истовремено нагласити њихову разлику. Кад таласи путују кроз неку средину, дјелићи средине се помјерају у периодичном циклусу. Дјелићи средине осцилују око својих равнотежних положаја, а енергија се преноси са дјелића на дјелић и као резултат се добија један прогресивни талас. Дакле, акценат је на разлици између брзине осциловања честица и брзине простирања таласа. Једначину таласа је математичка формулација која често представља проблем и у графичком представљању и у процесу самог израчунавања вриједности па је потребно ученицима додатно појаснити употребу вишефункцијског калкулатора. Електромагнетни таласи су дио теме који се може обрадити као истраживачки задатак јер је примјена електромагнетних таласа вишеструка и разноврсна. Принцип суперпозиције је потребно увести на начин да визуелно ученици могу да замисле како у ствари изгледа “сусрет” два таласа. На овај начин разумјеће да се и сваки несинусоидални талас може представити као збир синусоидалних таласа. Акустика као наука о звуку је врло блиска ученицима и на примјеру музичких инструмената могуће и видјети и чути таласе, доступно на: <https://www.youtube.com/watch?v=8YGQmV3NxMI>. Посебну пажњу обратити на штетност звука и претјерану употребу слушалица као и сталну бригу о чулу слуха. Уколико постоји могућност организовати посјету удружењу или организацији која окупља глуве и наглуве особе како би се ученицима указало на значај очувања чула слуха. Свјетлост као феномен је код старих Грка означавала појаву која је дјелујући на наше око изазивала осјећај виђења. Овај појам се временом уопштавао и проширивао и развој науке је довео до сазнања да је свјетлост електромагнетни талас. Природа свјетлости, од првих учења заснивала се на два независна тумачења: корпускуларна (честична) и таласна теорија свјетлости. Појаве које су предвиђене да се обраде (интерференција, дифракција, поларизација и дисперзија) представити као потврду таласне природе свјетлости инсистирајући више на визуелном представљању наведених појава.

Наставна тема: Квантна физика

Ову област физике треба представити на једноставан начин, са акцентом да квантни ефекти долазе до изражаја на малим честицама које припадају микро и нано - свијету. На овим димензијама честице не могу имати енергије било којих (произвољних) вриједности - већ тачно одређене (дискретне) вриједности. Најмања вриједност (или најмањи „пакетић”) енергије је квант енергије. Ученицима ово треба метафорички упоредити са најмањом кованицом од 5 фенинга, тако да се нека роба у продавници може платити само са износом који је “заокружен” на овај најмањи “квант” новца. На примјер, ако је цијена неког производа 1,93 КМ, можемо га платити са кованицама у износу од 1,95 КМ или 1,90 КМ (јер не постоји коцаница од 1 фенинга). Акценат ове области треба да буде на опису појава које се истичу у нано-свијету, а не на математичким формулацијама (које у квантној физици знају бити и веома математички компликоване). Ипак, треба нагласити једначину (Планкову релацију) за енергију фотона ($E = h \cdot \nu$). Дискутивани и анализирати ову једначину, те је повезати са чињеницом да се квантни ефекти “не виде” на макро-нивоу (јер је Планкова константа веома мали број, па је и износ енергије веома

мален). Аналогија која се на овом мјесту може са ученицима дискутовати је да се на екранима (телевизора или рачунара) не виде тачкице (пиксели), јер су сувише мали, али да они ипак граде слику коју гледамо на њима.

(„Дуалност” природе свјетлости (која се некада понаша као честица, а некад као талас) Луј де Брољ је хипотезом проширио и на честице - за које је предложио да осим својстава честица имају и таласна својства. Ова хипотеза је касније доказана кроз дифракцију електрона - ефекат који доказује да електрони (честице) имају и таласна својства (тј. електрони исказују ефекат дифракције, који је чисто таласни феномен). Ученицима се могу показати слике дифракције електрона (честица) и X - зрачења (свјетлости) које су идентичне. Најмањи квант (или количина) свјетлости се назива фотон. Кажемо да је фотон “честица” свјетлости. Дифракција свјетлости на оптичкој решетки (оглед који се демонстрира на Наставној теми 4) се може интерпретирати и као дифракција честица (фотона). Отворити дискусију са ученицима питањем да ли би се иста дифракциона слика добила и када би се кроз оптичку решетку пропуштали фотони, али један за другим („један по један”)? Да ли би се добила иста дифракциона слика и код електрона, ако би се и они пропуштали „један по један”? На интернету (YouTube) постоји велики број кратких филмова који илуструју да се добије иста дифракциона слика и у овом случају.

Као примјер у којем се свјетлост понаша као честица је фотоефекат, гдје свјетлосни квант (фотон) може да избаци електрон из метала (попут билијарске кугле који удари у другу билијарску куглу и избаци је са билијарског стола). Ипак, оно што је овдје потребно истаћи јесте чињеница да не може свака врста свјетлости изазвати фотоефекат, тј. свјетлост која се судара са електроном мора имати довољну велику енергију (тј. довољно велику фреквенцију свјетлости). Како је фреквенција обрнуто сразмјерна таласној дужини - то значи да постоји и гранична таласна дужина (“црвена” граница фотоефекта) изнад које фотоефекат није могућ, ма како јак и интензиван упадни сноп свјетлости био. Ово је сјајан примјер који обједињује честичне и таласне особине свјетлости (судари фотона и електрона су прави “честични ефекат”, али он неће бити могућ ако свјетлост нема довољно велику фреквенцију - што је таласна карактеристика).

Сљедећи необичан феномен квантне физике предстаља неодређеност који је формулисао Хајзенберг. При истовременом мјерењу (одређивању) положаја и брзине квантних честица видимо да не можемо знати тачан положај честице уколико знамо тачну брзину честице (и обрнуто). Ово је незамисливо у макро-свијету, у којем увијек можемо истовремено одредити и брзину и положај неког макроскопског тијела. Аналогија која илуструје неодређеност је фотографисање брзог аутомобила (ако је фотографија оштра - не знамо брзину аутомобила, или ако је фотографија мутна - не знамо тачан положај аутомобила).

Ученици треба да посебно дискутују о суперпозицији, као једној од кључних особина квантне физике. Суперпозиција предстаља скуп (или збир) стања која описују неку честицу. То значи да се нека честица описује са (таласном) функцијом која обједињује сва могућа стања у којима се честица може наћи, али прије него што се изврши мјерење (или опсервација честице). Ако се врши посматрање (мјерење) над неким квантним системом - онда ово мјерење (тј. чин, процес или акт мјерења) утиче на исход (или резултат) мјерења. Одличан примјер предстаља мисаони експеримент “Шредингерове мачке”, која се налази у затвореној кутији са радиоактивним извором зрачења. Како је кутија затворена, посматрач не зна да ли је мачка још увијек жива или је радиоактивно зрачење убило мачку. Кажемо да се мачка налази у суперпозицији (или истовременој егзистенцији) ова два стања. Дакле, прије мјерења (опсервације или утврђивања стања мачке) она се налази у својеврсној “мјешавини” стања - тј. мачка је истовремено и “жива” и “мртва”. Тек након што посматрач отвори кутију (тј. када посматрач изврши акт мјерења) - утврђује стварно стање мачке (овим чином мјерења се десио “колапс” таласне

функције на неко од два могућа стања мачке). На принципу суперпозиције лежи и рад квантних рачунара. Ученицима треба објаснити прво рад класичних рачунара, који се заснива на бинарној логици - тј. треба објаснити да класични рачунари “баратају” са два различита стања (или бит-а): логичка нула и логичка јединица. Рад квантних рачунара заснива се на квантном бит-у (кванти бит се назива и кјубит) који представља суперпозицију оба бита (кјубит може у исто вријеме бити и логичка нула и логичка јединица). Као илустративан примјер на часу може послужити новчић који се заврти на столу. Све док се новчић врти - његово стање се предстаља као суперпозиција оба стања - “писма” и “главе”, али када новчић падне на једну од страна - тада долази до “колапса” таласне функције на једно од ова два могућа стања. Други примјер може послужити случај лавиринта и робота, који тражи излаз из лавиринта. Ако робот ради “класично”, он ће се кретати неком стазом у лавиринту све док не удари у зид, а затим ће се окренути и пробати неку другу стазу. Робот ће ово радити све док методом великог броја покушаја не изађе из лавиринта. Међутим, ако робот ради попут квантног рачунара - он одједном “види” све могуће стазе у лавиринту (принцип суперпозиције свих могућих путања или стаза) и тако много брже нађе излаз из њега. Ученицима треба објаснити да је развој квантних рачунара тек у свом почетку, али се очекује да квантни рачунари скрате многе процесе у науци, за чије ријешавање класичним рачунарима треба много времена (на примјер, симулација код синтетисања нових лијекова за тешка обољења попут карцинома). Међутим, квантни рачунари ће бити способни и за разбијање било које шифре - што може представљати и безбједоносне ризике. Ово су теме за дискусију о добробитима, али и опасностима које квантни рачунари доносе у будућности. Идеја која би могла да повеже физику и филозофију у овој наставној теми је организовање дебате на тему “Ако посматрање мијења стварност - постоји ли објективна истина?”

Наставна тема: Структура атома

Улазак у свијет атома започети историјским прегледом „виђења“ намањих дијелова материје од стране научника одређеног доба (Демокрита, Далтона, Томсона), све до Радерфорда - када се дешава прекретница. Резултати експеримента који је Радерфорд извео су показали невјероватну чињеницу да је атом углавном празан простор! Дискутовати са ученицима једну аналогију слике атома који би био величине фудбалског стадиона, а чије би језгро било величине јабуке на средини тог стадиона, али тако да је готово сва маса стадиона концентрисана у тој јабуци.

Ученици треба да знају описати честице од којих је атом грађен, да су у језгру протони и неутрони, а око језгра се крећу електрони. Маса протона и неутрона је готово 2000 пута већа од масе електрона. Електрон се сматра правом елементарном честицом (која није дјелива на неке мање честице), а чија запремина није измјерена и практично електрон сматрамо правом материјалном тачком. Ту лежи одговор на “празнину” атома. Иако су атоми грађени од идентичних честица (протони, неутрони и електрони) они се веома разликују, јер садрже различите бројеве ових честица. Сваки атом има своју “личну карту” на којој “пише” од колико протона, неутрона и електрона се састоје. Дискутовати са ученицима зашто су атоми електронеутрални, иако садрже наелектрисане честице? Кључну улогу играју неутрони, који граде изотопе (атоме истих елемената, али који се разликују по броју неутрона, тј. по својој маси). Изотопи имају важну улогу у многим примјенама (од датирања старости фосила у археологији до кориштења у медицини).

Објашњење стабилности атома је дао Нилс Бор, који је тврдио да у атому постоје тачно дефинисане сталне електронске орбите. Све док се електрони крећу по сталним орбитама - они су у „дозвољеним“ стањима у којем нити апсорбују, нити емитују енергију. До побуђења атома долази када електрон апсорбује енергију и пређе из једне орбите која је ближа језгру у неку удаљенију орбиту. Са ученицима не треба улазити у математичке детаље ове теорије, већ цртати орбите око језгра попут концентричних кругова, те интерпретирати процес апсорпције енергије (свјетлости, тј. фотона) и преласка у побуђена стање. Након што атом апсорбује енергију, он се задржи на том побуђеном стању неко (веома кратко) вријеме, а затим електрон пређе (спонтано) на неку нижу орбиту (тј. у стање са нижом енергијом), уз емисију енергије (свјетлости, тј. фотона). Ово се може демонстрирати на настави тако што се запале дрвени штапићи, који су претходно били умочени у неке од раствора (бакар-сулфата, стронцијум-хлорида, баријум-хлорида, натријум-хлорида, калијум-хлорида, ...). Сваки штапић ће да гори другом бојом пламена, јер се ради о прелазима између различитих енергетских нивоа (сваки атом има своју „личну карту“ и распоред дозвољених енергетских нивоа, па тако и емитује различите боје пламена при горењу).

Битна повезница са квантном физиком су дискретна (тачно одређена) стања (тачно одређене електронске орбите) у којима се атом може наћи (по којима електрон може кружити). Немогућа су стања атома са неком произвољном енергијом (или електрона са неком произвољном електронском орбитом). Ова дискретизација је експериментално потврђена Франц Херцовим огледима. Суштину овог огледа не треба оптерећивати математичким формулацијама, већ објаснити аналогију са пењањем по степеницама. Када се пењемо - можемо да станемо на једну, другу, трећу, ..., n-ту степеницу, тј. немогуће је стати на висину која се налази негдје између одређених висина степеница. У свијету атома не постоји енергетски континуитет, већ дисконтинуитет. Постоје тачно одређене дозвољене енергије које атом може да има (одређене електронске орбите), а све остале енергије су забрањене (тј. атом не може да има стање са неком енергијом која би била између дозвољених и дискретних енергија).

Међутим, скренути пажњу да је атом прави репрезент квантног свијета, у којем нипта није тачно одређено - па ни путање које су по Боровој теорији представљене. Дакле, електрони ипак немају тачно одређене путање (орбите по којима круже око језгра), већ се ради о „размазаним“ путањама (електронским концентричним „облацима“), јер у складу са квантном физиком и Хејзенберговим принципом неодређености - електронима се не може тачно истовремено одредити положај и брзина.

За опис ласера треба да се објасни стање „инверзне насељености“. Претходно објаснити да је „нормална насељеност“ таква да је материја у стању минимума потенцијалне енергије, са атомима материје који се налазе у основном енергетском стању (непобуђеном и стабилном стању, тј. у таквом стању у којем су електрони на најнижим орбитама око језгра). Стање инверзне насељености је када се већина атома материје нађе у побуђеном енергетском стању, тј. када се много већи број атома нађе у побуђеном, а не у основном стању (ово стање материје се најчешће постиже са неким спољашњим утицајем, на примјер код неких ласера се такво стање остварује са освјетљавањем блиц-лампом). Овај процес се назива „енергетско пумпање“ и то стање је непоходан предуслов за стимулисану емисију свјетлости која је одлика рада ласера. Са ученицима цртати дозвољене енергетске нивое (основни и побуђени ниво) и електроне у побуђеном стању, а затим и прелазе електрона са вишег на нижи ниво. Прелаз са побуђеног на основно енергетско стање је праћено емисијом свјетлости. Као што је раније показано, емисија свјетлости може бити спонтана, али код ласера је она стимулисана, тј. таква да сваки емитовани фотон „потакне“ (стимулише) други побуђени атом да пређе на основни енергетски ниво и емитује фотон потпуно истих карактеристика.

На такав начин у кратком времену добијемо огроман број фотона, слично као што настаје лавина снијега на планини. Разлика између спонтане и стимулисане емисије се може показати и аналогијом кретања људи на неком тргу и кретања војне параде. Слободно кретање људи на тргу је хаотично, у свим смјеровима подједнако (слично као што сијалица свијетли различитим таласним дужинама и на све стране једнако), док је кретање војника у паради на том истом тргу усмјерено (у једном правцу), у истом такту и са једним кораком свих војника (ово називамо кохерентност). Тако је ласерска свјетлост - стимулисано зрачење истих фреквенција - тј. зрачење ласера је монохроматско при којем сви фотони имају исту таласну дужину. Сама ријеч ласер је акроним од енглеског израза “**L**ight **A**mplification by the **S**timulated **E**mission of **R**adiation”.

Важно је ученике упознати са опасностима које ласери могу узроковати по људско око. Илустровати ову опасност са демонстрацијом како сочиво може да запали папир - ако фокусирамо сунчеву свјетлост помоћу сочива на папир. Тако и сочиво ока сакупља и изоштрава свјетлост у једну тачку („жута мрља”) на мрежњачи ока, а како је снап ласерске свјетлости већ прилично узак и снажан, када га сочиво додатно сакупи и изоштри - може оштетити мрежњачу у дјелићу секунде. На тржишту (интернету) су доступни ласери (показивачи) сумњивог квалитета и класификације, а посебно опасни су ласери који раде и инфра-црвеном дијелу спектра - које око ни не види (војни или индустријски ласери). Ученике упознати да су ласери категорисани у 4 категорије, гдје су класе 1. и 2. безбједне, а класе 3. и 4. опасне по људско око (и то не само директни ласерски зраци, већ и они који се рефлектују од зида).

Наставна тема: Структура атомског језгра

Ова тема је методички осјетљива из два разлога. Прво, она се у програму појављује без могућности значајног експеримента — нема апаратуре којом ученик може „опипати” језгро. Друго, ученици друштвено-језичког смјера ову материју доживљавају као далеку и апстрактну, али истовремено емотивно повезану — кроз Хирошиму, Чернобил, Фукушиму, нуклеарну медицину, страх и неразумијевање које преноси медији. Управо због тога, овдје више него игде у програму, наставник има прилику да физику покаже као науку која се сусреће са моралним и друштвеним питањима.

Тему треба отворити сликама и причом, не формулама. Прича о Анри Бекерелу који је случајно открио радиоактивност, о Марији Кири која је открила полонијум и радијум (и за то платила животом), о Радерфорду који је својим огледом срушио Томсонов модел атома — све то ученицима овог смјера говори више од дефиниција. Они се повезују са људима, не са апстрактним концептима, и кроз људе разумију концепте.

Структуру језгра увести постепено: атом → језгро → нуклеони → кваркови, увијек указујући на ред величине (атом $\sim 10^{-10}$ m, језгро $\sim 10^{-15}$ m). Корисно је поновити аналогију са фудбалским тереном као у теми Структура атома. Ова слика остаје са ученицима много дуже од дефиниција.

Нуклеарне силе увести квалитативно — не очекивати од ученика да манипулишу формулама, него да разумију зашто језгро уопште опстаје. Питање је природно: ако су протони истоимено наелектрисани и одбијају се, како се језгро не распадне? Одговор уводи нову,

краткодометну силу која је много јача од електростатичке на тим растојањима. Овдје се види „хијерархија сила у природи" — нешто што ће ученици сретати и у филозофији науке.

Дефект масе и енергија везе су концепти који траже пажљиво увођење. Идеја „маса нестаје, енергија се ослобађа" је контраинтуитивна и често погрешно интерпретирана у медијима. $E=mc^2$ овдје улази природно, али не као формула за памћење него као изражавање чињенице да су маса и енергија два облика истог. Корисно је конкретно израчунати: колико енергије се ослободи при фисији једног грама уранијума у односу на сагоријевање једног грама угља. Однос од око милион пута веће енергије објашњава зашто је нуклеарна енергетика тако моћна — и зашто је тако опасна.

Радиоактивни распад уводити преко појма стохастичности — не може се предвидјети када ће се конкретно језгро распасти, али се за велики број језгара статистички тачно зна. Ово је један од ријетких сусрета ученика овог смјера са основном идејом квантне физике (вјероватноћа умјесто детерминизма), и не би требало пропустити прилику да се повеже са филозофијом природе и Ајнштајновим знаменитим „Бог се не игра коцкицама".

Закон полураспада објаснити графички — крива експоненцијалног опадања — прије него као формула. Конкретни примјери су ту неопходни: угљеник-14 за датирање археолошких налаза (Туринско платно, мумије), јод-131 у медицини (терапија штитне жлијезде), радон-222 као главни природни узрок излагања зрачењу у становима. Ученици треба да напусте час са осјећањем да су „радиоактивне ствари" свугдје око њих и да то само по себи није страшно — кључни концепт је доза, не присуство.

Фисија и фузија су најатрактивнији дио теме за ученике. Овдје је природан тренутак за дискусију — увести оба процеса најприје на природном примјеру: Енергија Сунца - фузија, Земљина унутрашњост је загријана природном фисијом радиоактивних елемената. Дискусија о енергетској будућности (фосилна горива - обновљиви извори - нуклеарна енергија) сама се намеће и треба је охрабрити, али без задавања коначног суда — наставник представља аргументе свих страна.

Дозиметрија и заштита од зрачења су теме од непосредног практичног значаја и треба им дати простор сразмјеран том значају. Концепти су једноставни: вријеме (мање — боље), растојање (даље — боље), заклон (између — боље). Конкретни примјери из медицине (рендгенско снимање, маммографија, СТ, ПЕТ), индустрије (контрола квалитета заваривања) и енергетике помажу ученицима да повежу теорију са реалношћу коју познају.

Елементарне честице обрадити кратко и квалитативно — циљ је да ученик зна да постоје три породице фермиона (лептони и кваркови), да главне градивне честице материје јесу електрон и кваркови u и d , и да постоје и бозони као преносиоци интеракција (фотон, глюон, W , Z , Хигсов бозон). CERN и откриће Хигсовог бозона 2012. године могу бити одлична тема ученичке презентације — модерна, актуелна, и сврстава Европу у врх свјетске науке.

На крају теме, обавезно дати простор етичкој дискусији. Ова дискусија завршава тему у духу које је у потпуном складу са профилом ученика друштвено-језичког смјера.

Наставна тема: Астрофизика

Астрофизика је природан завршетак програма физике за други разред — и једина тема која се ослања на готово сваки претходни концепт обрађен током двије године. Због тога треба је користити као прилику за интеграцију и преглед свега што се учило, а не као одвојену цјелину.

Тему отворити причом и сликом. Сlike из Хабла и Џејмс Веб телескопа су саме по себи довољне да заинтересују ученике — нема те анимације у уџбенику која ће бити убједљивија од стварних снимака Стубова стварања, маглине Карина, или прве слике црне рупе из 2019. године. NASA-ин APOD (Astronomy Picture of the Day) је неисцрпан извор за дневну дозу инспирације. Препоручује се да наставник почне сваки час теме другачијим APOD-ом, са кратким коментаром.

Уводни час треба посветити природи астрофизике — шта је чини посебном у односу на остале природне науке. Главне три специфичности: (1) астрофизичар не може да направи експеримент, само да посматра — звијезда не може бити стављена у лабораторију; (2) све што знамо о свемиру долази нам у виду свјетлости (плус, у новије вријеме, неутрина и гравитационих таласа); (3) скале су невјероватне — милијарде година и милијарде свјетлосних година. Ова три ограничења заправо чине астрофизику тако креативном науком — све што знамо, знамо из посредних доказа и пажљивих закључака.

Структуру васионе обрадити по хијерархији величине — од најмањег ка највећем, и истовремено од блиског ка далеком. Сунчев систем (8 минута свјетлости до Сунца) → најближа звијезда (4 године) → Млијечни пут (100 000 година) → најближа галаксија Андромеда (2,5 милиона година) → видљива васиона (13,8 милијарди година). Овакав ред уводи и појам свјетлосне године као практичне јединице, и идеју да гледајући дубље у простор гледамо дубље у вријеме. Ова идеја — да телескоп јесте машина времена — кључна је и треба је нагласити.

Звијезде увести животним циклусом, не статичком класификацијом. Звијезде се „рађају“, „живе“ на главном низу, „старе“, и „умиру“ — језиком који је природан ученицима овог смјера. Маса одређује судбину — мала звијезда (попут Сунца) ће постати црвени џин, па бијели патуљак; велика ће експлодирати као супернова и оставити неутронску звијезду или црну рупу. Тек овдје се види дубина појмова из нуклеарне физике — фузија није апстракција, него процес који тренутно тече у срцу Сунца и захваљујући којем имамо живот на Земљи.

Сунчев систем обрадити кратко и са нагласком на размјер. Најкориснији дидактички алат је модел у размјери — ако је Сунце лопта пречника једног метра, Земља је зрно бибера на 100 метара, а Нептун је на 3 километра. Када се ово конкретно покаже на школском игралишту или у градском парку, ученици добију осјећај колико је свемир заправо празан и колико је слика Сунчевог система у уџбеницима искривљена.

Сунце обрадити као звијезду коју можемо детаљно изучавати. Извор његове енергије је протон-протонски ланац — четири протона у срцу Сунца, под температуром од 15 милиона степени, фузионишу у језгро хелијума, ослобађајући енергију која се милионима година

пробија до површине, а онда осам минута до нас. Сваке секунде Сунце претвори око 600 милиона тона водоника у хелијум — и то већ ради 4,6 милијарди година, и радиће још 5 милијарди. Овакве конкретне бројке остављају јак утисак.

Космологија — последњи дио теме — заслужује пажљив третман. Велики прасак није експлозија у простору, него ширење самог простора; не постоји „центар експлозије“ нити мјесто „одакле је све почело“ — почетак је био свугдје истовремено. Ова идеја је тешко интуитивно прихватљива и треба је уводити постепено. Главни докази (космичко микроталасно позадинско зрачење откривено 1965. године, црвени помак удаљених галаксија, обиље водоника и хелијума у односу 3:1) могу се изложити квалитативно. Тамна материја и тамна енергија — двије велике мистерије савремене космологије — требају бити поменуте искрено: знамо да оне постоје, не знамо шта су.

Препоручује се да тема — а тиме и цијели годишњи програм физике — буде завршена једном теренском активношћу или организованим посматрањем неба. Једноставно ноћно посматрање са школског игралишта (потребан је само телескоп и ведро ноћ) — све су то одличне завршне активности. Ученици напуштају физику као предмет са сликом ноћног неба у глави, не са формулом — а то је управо оно што се од астрофизике тражи у програму друштвено-језичког смјера.