

Наставни програм Међународне олимпијаде из Физике¹

1 Увод

1.1. Сврха овог Наставног програма²

Наставни програм садржи теме које се могу користити на Међународним олимпијадама из физике. Смјернице за ниво сваке од тема унутар Наставног програма потражити у питањима са претходних Међународних олимпијада³.

1.2 Особине задатака

Задатке усредсредити на тестирање креативности и разумијевања физике више него на тестирање математичке спретности или брзине рада. Математичке манипулације вредновати мањим бројем бодова. У случају математички изазовнијих задатака, алтернативна приближна рјешења признају се дјелимично. Текстови задатака треба да буду концизни, и да не садрже више од 12 000 знакова (укључујући размаке, али искључујући текст на корицама и листовима предвиђеним за одговоре).

1.3 Изузеци

Питања могу да садрже концепте и појаве који нису поменути у Наставном програму под претпоставком да је у тексту дато довољно информација, тако да ученици без претходних знања о овим темама не буду у примјетном заостатку. Такви нови концепти морају бити ближе повезани са темама укљученим у Наставни програм и објашњени појмовима из датих тема.

1.4 Јединице

Нумеричке вриједности изражавати у SI јединцима или јединицама које су званично прихваћене за употребу заједно са SI. Претпоставља се да су такмичари упознати са појавама, појмовима, и методама наведеним у даљем тексту и да су способни на креативан начин употријебити своје знање.

¹ Изворни документ: <https://www.ipho-new.org/statutes-syllabus/>. Превод: Неда Вуковић и Милко Бабић

² Програм БиХ олимпијаде из физике, као изборног такмичења за Међународну олимпијаду, је у складу са програмом Међународне олимпијаде.

³ Задаци и рјешења задатака са претходних олимпијада се могу видјети на <https://physprob.com/>

2 Теоријска знања⁴

2.1 Опште

Способности да стварају одговарајуће апроксимације током моделовања проблема из стварног живота. Препознавање и способност употребе симетрије у проблемима.

2.2 Механика

2.2.1 Кинематика

Брзина и убрзање материјалне тачке као изводи свог вектора помјераја. Линијска брзина; центрипетално и тангенцијално убрзање. Кретање материјалне тачке са константним убрзањем. Слагање брзина и угаоних брзина; слагање брзина без Кориолисовог ефекта; препознавање случајева кад је Кориолисово убрзање нула. Кретање крутих тијела као ротација око тренутног центра ротације; брзине и убрзања материјалних тачака крутих ротирајућих тијела.

2.2.2 Статика

Налажење центра масе система сумирањем или интеграцијом. Услови равнотеже: равнотежа сила (векторски или преко пројекција), и равнотежа момената сила (само за једнодимензионалну и дводимензионалну геометрију). Нормална сила, сила затезања, статичка и динамичка сила трења; Хуков закон, притисак, напрезање и Јунгов модул. Стабилна и нестабилна равнотежа.

2.2.3 Динамика

Други Њутнов закон (у векторском облику и преко пројекција (компоненти)); кинетичка енергија за транслаторно и ротационо кретање. Потенцијална енергија за једноставна поља силе (такође као линијски интеграл поља силе). Импулс, момент импулса, енергија и њени закони одржања. Механички рад и снага; губици усљед трења. Инерцијални и неинерцијални референтни системи; инерцијална сила, центрифугална сила, потенцијална енергија у систему који ротира. Момент инерције за једноставна тијела (прстен, диск, сфера, шупља сфера, штап), Штајнерова теорема; проналажење момента инерције интеграцијом.

2.2.4 Небеска механика

Закон гравитације, гравитациони потенцијал, Кеплерови закони (није потребно извођење за први и трећи закон). Енергија материјалне тачке на елиптичној орбити.

2.2.5 Хидродинамика

Притисак, потисак, једначина континуитета, Бернулијева једначина. Површински напон и површинска енергија, капиларни притисак.

⁴ Такмичарски дио на Међународној олимпијади из физике састоји се из два дијела. Једног дана, у трајању 5 сати, се раде теоријски (рачунски) задаци који доносе 30 бодова, а другог дана експериментални задаци, који се такође раде 5 сати и доносе 20 бодова.

2.3. Електромагнетна поља

2.3.1 Основни концепти

Концепти наелектрисања и струје, очување наелектрисања и Кирхофов закон. Кулонова сила; електростатичка поља као потенцијална поља; Кирхофова правила. Магнетно поље (B); Лоренцова сила, Амперова сила. Био-Саваров закон и магнетна индукција на оси кружне струјне петље и за једноставне симетричне системе као што је равна жица, кружна петља и дугачки соленоид.

2.3.2 Интегрални облици Максвелових једначина

Гаусов закон (за E и B поља); Амперов закон; Фарадејев закон; кориштење ових закона за израчунавање поља кад је подинтегрална функција готово константна. Гранични услови за електрично поље (или електростатички потенцијал) на површини проводника и у бесконачности; концепт уземљених проводника. Принцип суперпозиције за електрична и магнетна поља; јединственост рјешења добро постављених проблема; метод ликова наелектрисања.

2.3.3 Интеракција материје са електричним и магнетним пољима

Отпорност и проводљивост; диференцијални облик Омовог закона. Диелектрична и магнетна пермеабилност; релативна пропустљивост и пермеабилност електричних и магнетних материјала; густина енергије електричних и магнетних поља; феромагнетни материјали; хистереза и расипање; вртложне струје, Ленцово правило. Наелектрисања у магнетном пољу: спирално кретање, циклотронска фреквенција, кретање у укрштеним електричним и магнетним пољима. Енергија магнетног дипола у магнетном пољу; диполни момент струјне петље.

2.3.4 Струјна кола

Линеарни отпорници и Омов закон; Џулов закон; рад обављен електромоторном силом; идеалне и неидеалне батерије, извори константне струје, амперметри, волтметри и омметри. Нелинеарни елементи датих U-I карактеристика. Кондензатори и капацитет (такође за усамљена тијела у односу на бесконачност); самоиндукција и индуктивност, енергија кондензатора и калема; узајамна индукција; временска константа за RL и RC струјна кола. Кола наизмјеничне струје: комплексна амплитуда; импеданца, термогени отпор, индуктивни отпор, капацитивни отпор и њихова комбинација; фазни дијаграми; струјна и напонска резонанца; активна снага.

2.4 Осцилације и таласи

2.4.1 Осцилатор

Хармонијске осцилације: једначина кретања, фреквенција, кружна фреквенција и период. Физичко клатно и његова редукована дужина. Понашање близу нестабилне равнотеже. Експоненцијално опадање пригушених осцилација; принудне осцилације изазване синусоидном силом и резонанција: амплитуда и фазни помак осцилација у стабилном стању. Слободне осцилације LC струјних кола, механичко-електрична

аналогија, позитивна повратна веза у LC резонатору као извор нестабилности; генерисање синусоидалних таласа повратном спрегом у LC резонатору.

2.4.2 Таласи

Ширење хармонијских таласа: фаза као линеарна функција простора и времена; таласна дужина, таласни вектор, фазна и групна брзина; експоненцијално опадање таласа који се шире у дисипативној средини; трансверзални и лонгитудинални таласи; Класични Доплеров ефекат. Таласи у нехомогеним медијима: Ферматов принцип, Закони одбијања и преламања. Звучни таласи: брзина као функција притиска (Јунгов или запремински модул) и густине, Махов конус. Енергија коју преносе таласи: пропорционалност са квадратом амплитуде, континуитет протока енергије.

2.4.3 Интерференција и дифракција

Суперпозиција таласа: кохерентност, пулсирање, стојећи таласи, Хајгенсов принцип, интерференција на танким слојевима (услови за минималну и максималну јачину). Дифракција кроз један или два прореза, дифракциона решетка, Брагова рефлексија.

2.4.4 Интеракција електромагнетних таласа са материјом

Зависност електричне пропусности од фреквенције (квалитативно); индекс преламања; дисперзија и расипање електромагнетних таласа у прозирним и непрозирним материјалима. Линеарна поларизација: Брустеров угао; поларизатори; Малусов закон.

2.4.5 Геометријска оптика и фотометрија

Апроксимације геометријске оптике: зраци и оптичке слике; дјелимична сјенка и пуна сјенка. Апроксимација танких сочива; конструкција ликова формираних идеалним танким сочивима; једначина танких сочива. Свјетлосни флуks и његовог континуитет; освјетљеност; свјетлосни интензитет.

2.4.6 Оптички уређаји

Телескопи и микроскопи: увећање и моћ разлагања; дифракциона решетка и њена моћ разлагања; интерферометри.

2.5 Релативност

Принцип релативности и Лоренцове трансформације за временску и просторну координату, и за енергију и момент; еквиваленција енергије и масе; инваријантност просторно временског интервала и масе мировања. Слагање паралелних брзина; дилатација времена; контракција дужина; релативност истовремености; енергија и импулс фотона и релативистички Доплеров ефекат; релативистичка једначина кретања; одржање енергије и импулса за еластичне и нееластичне интеракције честица.

2.6 Квантна физика

2.6.1 Таласи вјероватноће

Честице као таласи: веза између фреквенције и енергије, и између таласног вектора и импулса. Енергетски нивои атома водениковог типа (само кружне орбите) и параболички потенцијали; квантизација момента импулса. Принцип неодређености за конјуговане парове, времена и енергије и координате и импулса (као теорема, и као алат за процјене).

2.6.2 Структура материја

Емисиони и апсорпциони спектри за атоме водениковог типа (за друге атоме – квалитативно), и за молекуле усљед молекуларних осцилација; спектрална ширина и животни вијек побуђених стања. Паулијев принцип искључења за фермионе. Честице (знање о наелектрисању и спину): електрони, електронски неутрини, протони, неутрони, фотони; Комптонов ефекат. Протони и неутрони као сложене честице. Атомска језгра, енергетски нивои језгра (квалитативно); алфа, бета и гама распади; фисија, фузија и захват неутрона; дефект масе; период полураспада и закон распада. Фотоелектрични ефекат.

2.7 Термодинамика и стастичка физика

2.7.1 Класична термодинамика

Концепти топлотне равнотеже и реверзибилни процеси; унутрашња енергија; рад и топлота; Калвинова температурна скала; ентропија; отворени, затворени и изоловани системи; први и други закон термодинамике. Кинетичка теорија идеалних гасова: Авогадров број, Болцманова константа и гасна константа; трансляторно кретање молекула и притисак; закон идеалног гаса; трансляторни, ротациони и осцилаторни степени слободе; теорема екипартиције; унутрашња енергија идеалних гасова; средња квадратна брзина молекула. Изотермски, изобарски, изохорски и адијабатски процеси; специфични топлотни капацитет за изобарски и изохорски процес; Карноов циклус и обрнути Карноов циклус на идеалним гасовима и његов степен корисног дејства; степен корисног дејства неидеалних топлотних машина.

2.7.2 Трансфери топлоте и прелази агрегатних стања

Фазни прелази (кључање, испаравање, топљење, сублимација) и латентна топлота; притисак засићене паре, релативна влажност; кључање; Далтонов закон; концепт топлотне проводљивости; континуитет топлотног тока.

2.7.3 Статистичка физика

Планков закон (квалитативно објашњење, не мора бити запамћен), Винов закон помјерања; Штефан-Болцманов закон.

3 Експерименталне вјештине

3.1 Увод

Теоријско знање које се захтијева ради извођења експеримената мора бити обухваћено Одјељком 2 овог Наставног програма. Експериментални проблеми би требало да садрже бар неколико задатака за које процедура експеримента није описана до детаља (поставка, списак свих квантитативних субјеката до конкретних мјерења и формуле које се користе за рачунање).

Експериментални проблеми могу садржати имплицитне теоријске задатке (извођење формуле потребне за рачунање); експлицитне теоријске задатке избјегавати, осим ако задаци не тестирају разумијевање принципа операције датог експерименталног поступка или појаве и ако не укључују дуга математичка израчунавања.

Пожељно је да очекивани број директних мјерења и обим нумеричких израчунавања не буде тако велики да одузме већи дио предвиђеног времена: испитом тестирати експерименталну креативност, више него брзину којом ученици могу да изведу техничке задатке.

Од ученика се очекује да имају сљедеће вјештине:

3.2 Сигурност

Знање основних сигурносних правила лабораторијског рада. Ипак, ако поставка експеримента угрожава безбједност на било који начин, у тексту проблема потребно је да се нађу одговарајућа упозорења. Експерименте са већим довођењем ученика у опасност било би добро избјегавати.

3.3 Технике мјерења и апаратура

Бити упознат са најчешћим експерименталним техникама за мјерење физичких величина поменутих у теоријском дијелу.

Познавати најчешће коришћене једноставне лабораторијске инструменте и дигиталне и аналогне верзије једноставних уређаја, као што су помична мјерила, нонијуси, штопернице, термометри, мултиметри (укључујући омметре и AD/DC волтметре и амперметре), потенциометри, диоде, транзистори, лупе, призме, оптичка постоља, калориметри итд.

Софистицирана практична опрема која ученицима обично није позната, неће представљати значајан проблем. У случају умјерено софистициране опреме (као што су осцилографи, бројачи, мјерачи брзине, генератори функција и сигнала, фото капије итд.), ученицима се морају дати упутства.

3.4 Прецизност

Свјесност да инструменти могу утицати на исход експеримената. Да буду упознати са основним техникама за повећање експерименталне тачности (нпр. мјерење више периода умјесто само једног, умањивање утицаја шума итд.)

Знање да, ако је потребно одредити функционалну зависност физичке величине, густина узетих података (тачака) треба да одговара локалним карактеристикама скале те функционалне зависности. Представљање крајњих резултата и експерименталне грешке са разумним бројем значајних цифара, и исправно заокруживање.

3.5 Анализа експерименталне грешке

Препознавање доминантних извора грешака, и разумна процјена величине експерименталне грешке директних мјерења (користећи правила из документације, ако су обезбијеђена).

Разликовање случајних и систематских грешака; способност да процијени и редукује провобитне поновљеним мјерењима.

Налажење апсолутне и релативне грешке величина одређених као функција мјерених величина користећи било који разуман метод (као што је линеарна апроксимација, сабирање апсолутних вриједности, сабирање Питагориним правилом).

3.6 Анализа података

Трансформација зависности у линеарни облик одговарајућим избором варијабли и уклапање праве линије према експерименталним тачкама. Налажење параметара линеарне регресије (нагиб, одсјечак и грешка процјене) или графички, или употребом статистичких функција калкулатора (било који метод је прихватљив). Бирање оптималних скала за графове и усцртавање тачака са траком са грешкама.

4 Математика

4.1 Алгебра

Поједностављење формула факторизацијом или експанзијом. Рјешавање система линеарних једначина. Рјешавање једначина и система једначина који доводе до квадратних и биквадратних једначина; бирање физички смислених рјешења. Сумирање аритметичких и геометријских низова.

4.2 Функције

Основна својства тригонометријских, инверзно-тригонометријских, експоненцијалних и логаритамских функција и полинома.

Ово укључује формуле тригонометријских функција збира углова. Рјешавање једноставних једначина укључујући тригонометријске, инверзно-тригонометријске, логаритамске и експоненцијалне функције.

4.3 Геометрија и стереометрија

Степени и радијани као алтернативе мјерења углова. Једнакост наизмјеничних спољашњих и унутрашњих углова, једнакост одговарајућих углова. Препознавање сличних троуглова. Површине троугла, трапеза, круга и елипсе; површине сфере, ваљка и купе; запремине сфере, купе, ваљка и призме. Синусна и косинусна теорема, својства периферијских и централних углова, Талесова теорема. Тежишне линије и тежиште троугла. Од ученика се очекује да буду упознати са својствима конусних пресека укључујући кругове, елипсе, параболе и хиперболе.

4.4 Вектори

Основна својства збира вектора, скаларног и векторског производа. Дупли векторски производ и скаларни троструки производ. Геометријска интерпретација извода по времену векторске величине.

4.5 Комплексни бројеви

Сабирање, множење и дијелење комплексних бројева; раздвајање на реалне и имагинарне дијелове. Претварање између алгебарских, тригонометријских и експоненцијалних приказа комплексних бројева. Комплексни коријен квадратних једначина и његово физичко представљање.

4.6 Статистика

Израчунавање вјероватноће као односа броја објеката или фреквенције догађаја. Израчунавање средњих вриједности, стандардне девијације, и стандардних девијација група средњих вриједности.

4.7 Елементи диференцијалног и интегралног рачуна

Израчунавање извода елементарних функција, њиховог збира, производа, количника, и угнијежђених функција. Интеграција као обрнути поступак диференцијације. Проналажење одређених и неодређених интеграла у једноставни случајевима: елементарне функције, збира функција, употреба правила смјене за линеарно зависни аргумент. Прављење одређених интеграла без димензија смјеном. Геометријско представљање извода и интеграла. Проналажење константи интеграције користећи почетне услове. Концепт градијента вектора (формализам парцијалних извода није потребан).

4.8 Приближне и нумеричке методе

Кориштење линеарне и полиномске апроксимације засноване на Тејлоровом реду. Линеаризација једначина и израза. Метод пертурбације: израчунавање корекција заснованих на непертурбованим рјешењима. Нумеричка интеграција употребом правила трапеза или додавања правоугаоника.