

იური ბაღათურია

სასერტიფიკაციო გამოცდებისათვის მომზადება ფიზიკაში

გამოცდებმა ცხადად დაგვანახა, რომ სკოლაში ფიზიკის სწავლების დონე სასურველს ვერ უახლოვდება. მდგომარეობის გამოსასწორებლად საჭიროა ხანგრძლივი და მიზანმიმართული მუშაობა სხვადასხვა მიმართულებით; მხოლოდ მოკლევადიანი ტრენინგებით მიზანს ვერ მივაღწევთ. რაც მთავარია, მასწავლებლებმა საკუთარ თავზე ინტენსიურად და რეგულარულად უნდა იმუშაონ. მათ შესაბამისი კონსულტაციები და პრაქტიკული რჩევები დასჭირდებათ. არ იქნებოდა ურიგო ფიზიკაში ჩატარებული გამოცდის შედეგების საფუძველზე პრაქტიკული რჩევების შემუშავება და მასწავლებლებისთვის მიწოდება.

ქვემოთ მოყვანილი პრაქტიკულ ხასიათის მითითებები და რეკომენდაციები შემუშავებულია მასწავლებელთა სახლში ჩატარებული ტრენინგების საფუძველზე. ისინი მცირედენ დახმარებას მაინც გაუწევენ ფიზიკის მასწავლებლებს გამოცდებისათვის მზადებაში.

გამოცდებზე საკითხები ამოცანების სახითაა მოცემული. პასუხების ჩამონათვალიდან ერთი სწორი პასუხის ამორჩევა და შემოხაზვაა საჭირო. მასწავლებელთა ნაწილი, ამ ფაქტიდან გამომდინარე, არასწორ დასკვნას აკეთებს და ვარჯიშობს ამოცანების ამოხსნაში ასეთი „რეცეპტით“: ბევრი ამოცანის ამოხსნა და პასუხის სწრაფად მიღება ნებისმიერი დასაშვები გზით. არ ხდება ამოცანის პირობის, ამოხსნის გზის და პასუხის ანალიზი. ასეთი „ვარჯიში“ არაფერს მატებს მოვარჯიშეს და დროის ფუჭად ფლანგვაა.

ამოცანის ამოხსნა ყოველთვის უნდა დავიწყოთ ამოცანის პირობაზე სერიოზული მუშაობით. პირობა დაკვირვებით უნდა წავიკითხოთ (შეიძლება რამდენჯერმეც). უნდა გავარკვიოთ, ამოცანა „დარგობრივია“ თუ „კომპლექსური“ – ვთქვათ, მხოლოდ მექანიკის ან ელექტრობის ფარგლებში შეიძლება მისი ამოხსნა, თუ საჭიროა ფიზიკის რამდენიმე დარგის გამოყენება; თვისობრივ ამოხსნას გვთხოვენ, თუ რაოდენობრივს. ყურადღება უნდა მივაქციოთ პირობაში მოცემულ ყველა დაშვებასა და გამარტივებას. „ხახუნის ძალა უგულვებელყავით“, „გამტარის წინაღობა ნულის ტოლად ჩათვალიეთ“ და ა.შ. – ასეთი დაშვებების ანალიზმა შეიძლება ამოხსნის სწორი გზაც კი გვაპოვნინოს!

საკმაოდ ხშირად არ ვუკვირდებით, რას გვეკითხებიან: „რამდენჯერ მეტია/ნაკლებია“-ს თუ „რამდენით მეტია/ნაკლებია“-ს, რაც შეცდომას იწვევს საბოლოო პასუხში.

უნდა გვახსოვდეს შემდეგი:

კარგად შედგენილი ამოცანა ზედმეტ მოცემულობას არ შეიცავს. სასერტიფიკაციო გამოცდების ამოცანები კი სწორედ ასეთია! აქედან გამომდინარეობს, რომ თუ ამოცანის ამოხსნისას რომელიმე მოცემულობა არ დაგჭირდათ, მაშინ ამოხსნაში შეცდომაა!

ამოცანის ამოხსნის დაწყებამდე სცადეთ, პირობაში აღწერილი პროცესი ან მდგომარეობა წარმოიდგინოთ. ასევე სცადეთ, ყველა მოცემულობა დაიმახსოვროთ – ოღონდ სიდიდეები და არა მათი რიცხვითი მნიშვნელობები.

ამოხსნის შემდგომი ეტაპია მოსამზადებელი სამუშაოები: ნახაზის შედგენა, მოცემული სიდიდეების და მათი რიცხვითი მნიშვნელობების კომპაქტურად ამოწერა. ამ ეტაპზე არ ღირს ყველა რიცხვითი მნიშვნელობის ერთ სისტემაში გადაყვანა. ეს უნდა გაკეთდეს ამოხსნის ბოლო ეტაპზე და აუცილებლობის შემთხვევაში, მაგალითად, თუ გვეკითხებიან ორი სიდიდის შეფარდებას, მაშინ მათი ერთ სისტემაში გადაყვანა დროის ფუჭად ფლანგვაა.

ამის შემდეგ გადავდივართ უშუალოდ ამოხსნაზე. ცხადია, ამოხსნის ერთი უნივერსალური ალგორითმი არ არსებობს, მაგრამ რამდენიმე სასარგებლო წესი უნდა გვახსოვდეს.

ყურადღება უნდა მივაქციოთ პირობაში მოცემულ სიმეტრიებს, მაგალითად, კუბის, კვადრატის და წესიერი სამკუთხედის წვეროებში განლაგებული ტოლი მასები ან ტოლი მუხტები შესაბამისი ფიგურის ცენტრში ნულოვან დამაბულობას ქმნიან.

ფიზიკაში არა მარტო ამოცანების ამოხსნისას, არამედ ნებისმიერი მოვლენის კვლევისას აუცილებელია შენახვის კანონების გახსენება (ეს კანონები ბუნების ფუნდამენტურ სიმეტრიებს ეხება). სასკოლო კურსში გამოიყენება ენერგიის, იმპულსის, ელექტრული მუხტის, მასის (ბირთვული მოვლენების გარდა) შენახვის კანონები. ორიოდ რჩევას მათ გამოყენებასთან დაკავშირებითაც მოგცემთ.

ენერგია ყოველთვის ინახება, ამიტომ არასწორია გამოთქმა: „არადრეკად დაჯახებაში ენერგიის შენახვის კანონს ვერ გამოვიყენებთ, რადგან ის არ ინახება“. ენერგია ინახება, მაგრამ გადადის სხვა (სითბურ) ფორმაში და ამოცანის მოცემულობებით ამ გადასვლის გამოთვლას ვერ ვახერხებთ!

იმპულსის შენახვის კანონის გამოყენებისას ყურადღება უნდა მივაქციოთ, რომ ის ვექტორული სიდიდეა და მისი შენახვის კანონი $\sum P_i = \text{const}$ სამ სკალარულ ტოლობას გვაძლევს: $\sum P_x = \text{const}_1$, $\sum P_y = \text{const}_2$, $\sum P_z = \text{const}_3$.

როცა სისტემაზე გარეშე ძალა მოქმედებს (არ არის ჩაკეტილი), ჯამური იმპულსი არ ინახება, მაგრამ ინახება მისი გეგმილები იმ ღერძებზე, რომელთა გასწვრივ ეს ძალა არ მოქმედებს; მაგალითად, ჰორიზონტალურ ზედაპირზე უხახუნოდ მოძრავი სხეულის იმპულსის ჰორიზონტალური მდგენელი ინახება.

კარგი იქნება, თუ გავიხსენებთ ნიუტონის მეორე კანონის „ავტორისეულ“ ფორმას:

$$F = dP/dt = d(mv)/dt = mdv/dt + vdm/dt$$

მხოლოდ მაშინ, როცა ჯამის მეორე წევრი ნულის ტოლია (მასა მუდმივია), ვიღებთ ამ კანონის საყოველთაოდ ცნობილ სახეს. ზოგადი სახით გამოყენება შეიძლება სასარგებლო იყოს იმ ამოცანებში, სადაც მასა იცვლება. ასევე უნდა გვახსოვდეს, რომ ნიუტონის მესამე კანონი იმპულსის შენახვის კანონის მხოლოდ „სხვანაირი“ ჩაწერაა.

ამ კანონთან დაკავშირებით სასარგებლოა მასათა ცენტრის განხილვა, რომელსაც მასწავლებლები სათანადო ყურადღებას არ უთმობენ. ნაწილაკთა სისტემის მასათა ცენტრის კოორდინატები ასე გამოითვლება:

$$X_c = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}, \quad Y_c = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i}, \quad Z_c = \frac{\sum m_i \cdot z_i}{\sum m_i}$$

ამ ფორმულების დროითი გაწარმოებით მივიღებთ მასათა ცენტრის სიჩქარის კომპონენტებს. საკმაოდ მარტივი გარდაქმნებით მიიღება, რომ ნაწილაკთა სისტემის სრული იმპულსი ტოლია: $P = M \cdot V_c$, სადაც M მთელი სისტემის მასაა, ხოლო V_c – მასათა სისტემის ცენტრის სიჩქარე. ამ ცნების შემოტანის „სარგებლიანობა“ მის თვისებებშია: სისტემაში შემავალ სხეულთა შორის ურთიერთქმედება მასათა ცენტრის მდებარეობას და სიჩქარეს არ ცვლის – ჩაკეტილი სისტემის მასათა ცენტრის იმპულსი (შესაბამისად, სიჩქარეც) მუდმივი სიდიდეა.

ნაწილაკთა სისტემის მასათა ცენტრი გარეშე ძალების ზემოქმედებით ისევე მოძრაობს, როგორც ამ ცენტრში მოთავსებული ჯამური მასის მქონე ერთი სხეული. ცხადია, გრავიტაციულ ველში მასათა ცენტრი სიმძიმის ცენტრს ემთხვევა.

მუხტის შენახვის კანონში ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმას, რომ მკაცრად ინახება ჩაკეტილი სისტემის დადებითი და უარყოფითი მუხტების ჯამი და არა თითოეული ნიშნის მუხტი ცალ-ცალკე. ელექტრული წრედების ანალიზისას ასევე სასარგებლო იქნებოდა, გაგვეხსენებინა „უსამართლოდ“ დავიწყებული კირხჰოფის კანონები.

ამოცანა ანალიზური სახით (ფორმულებით) უნდა ამოიხსნას; მხოლოდ საბოლოო ფორმულაში უნდა ჩავსვათ რიცხვითი მნიშვნელობები. გამონაკლისია გამოცდაზე, დროის დაზოგვის მიზნით, ამოხსნის ადრეულ ეტაპზე რიცხვით გამოთვლებზე გადასვლა. ფორმულებით ჩაწერილ ამოხსნაში უფრო ადვილია მსჯელობის ლოგიკის დანახვა და შეცდომების პოვნა. ანალიზური სახით ამოხსნა თავის თავში ბევრი ამოცანის ამოხსნას მოიცავს, რაც ვარჯიშისას დროს ზოგავს. მხოლოდ ასე ამოხსნილი ამოცანის პასუხის შემოწმება შეიძლება როგორც განზომილებების შედარებით, ისე „ფიზიკით“.

ფორმულის სახით მიღებული პასუხის შემოწმების ყველაზე მარტივი ხერხია ტოლობის ორივე მხარეს განზომილებების ერთნაირობის შემოწმება. ამ მეთოდის გამოყენება არ შეიძლება, თუ რიცხვითი მნიშვნელობების ნაწილი უკვე ჩასმულია.

უფრო ძლიერი და შესაბამისად, უფრო რთული შემოწმების ხერხია ე.წ. ფიზიკით შემოწმება. ამ შემთხვევაში, მიღებულ ფორმულაში შემავალ სიდიდეებს ვანიჭებთ ისეთ (განსაკუთრებულ) რიცხვით მნიშვნელობებს, რომ პასუხი, ფიზიკის კანონებიდან გამომდინარე, ცხადი იყოს და ვანალიზებთ მიღებულ შედეგს (თუ პასუხში ტრიგონომეტრიული ფუნქციები შედის, ჩვეულებრივ კუთხეს ვუტოლებთ $0/90/180/360$ გრადუსს, თუ წილადი გვაქვს, მნიშვნელს ვუტოლებთ ნულს და ა.შ).

ცხადია, ასეთი ამოხსნა მეტ დროს მოითხოვს, მაგრამ საგამოცდოდ მომზადებისას ამის გაკეთება ნამდვილად ღირს, რადგან შედეგად ვიღებთ განსახილველი მოვლენის უფრო ღრმა და არსებით ცოდნას, უფრო კარგად ვარკვევთ გამოყენებული კანონების და ფორმულების ყველა თავისებურებას. გამოცდაზე კი ადვილად ამოვხსნით ამ ტიპის ამოცანის ვარიანტს. გარდა ამისა, ასეთი ვარჯიში ნამდვილად დაგეხმარებათ უფრო ხარისხიანი გაკვეთილების ჩატარებაში, რაც არის კიდევ ამ გამოცდების მიზანი.

ახლა ვცადოთ, ამ წესების გამოყენებით, ასეთი ამოცანის ამოხსნა: წვიმიან, უქარო ამინდში ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ხახუნის გარეშე მოძრაობს M_0 მასის ურიკა. ურიკაზე დგას ვერტიკალურკედლებიანი კასრი, რომელსაც წვიმის გამო ყოველ წამში ემატება μ მასის წყალი. როგორი იქნება ურიკის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება, თუ მისი საწყისი სიჩქარეა v_0 ?

პირობაში „უქარო ამინდი“ უზრუნველყოფს წვეთების ვერტიკალურ ვარდნას. ხახუნის არარსებობა იმპულსის მუდმივობის კანონის გამოყენების ნებას გვაძლევს „ჰორიზონტალური მიმართულებით“. პროცესი ასე ვითარდება: ურიკა+კასრი სისტემის მასა დროში იზრდება წვიმის ხარჯზე, შესაბამისად, უნდა დაიკლოს მთელი სისტემის სიჩქარემ, რომ ჯამური იმპულსის ჰორიზონტალური მდგენელი მუდმივი დარჩეს. ურიკამ კასრში ჩავარდნილ ყოველ წვეთს უნდა მიანიჭოს

შესაბამისი სიჩქარე, რაზეც მისი იმპულსი „იხარჯება“. ვცადოთ ამის მათემატიკურად ჩაწერა:

საწყისი მასა იყოს M_0 , საწყისი სიჩქარე v_0 , მასის ცვლილების სიჩქარე μ , დროის t მომენტში სიჩქარე v , ამ მომენტში საერთო მასა იქნება $m = M_0 + \mu * t$; რადგან წვეთების სიჩქარეს ჰორიზონტალური მდგენელი არ გააჩნია, ამიტომ იმპულსის მუდმივობის გამოყენება ჰორიზონტალურ მდგენელზე მოგვცემს:

$$M_0 * v_0 = (M_0 + \mu * t) * v, \text{ საიდანაც მივიღებთ}$$

$$v = v_0 * M_0 / (M_0 + \mu * t).$$

განზომილების მხრივ მიღებულ პასუხში, ცხადია, ყველაფერი რიგზეა, რადგან μ -ს განზომილება უნდა იყოს მასა/დროზე, $\mu * t$ ნამრავლს კი მასის განზომილება ექნება. ზემოთ მოყვანილი მსჯელობა ამ ფორმულაში სწორადაა „ასახული“ – სიჩქარე დროის მიხედვით იმდენად კლებულობს, რამდენადაც იზრდება სისტემის მასა. ჯამური იმპულსი კი უცვლელი რჩება.

$$P = M * v = (M_0 + \mu * t) * v_0 * M_0 / (M_0 + \mu * t) = v_0 * M_0 = P_0$$

ვარჯიშის დროს ამოცანის ამოხსნის შემდეგ სასარგებლოა მოცემულობების მოდიფიცირება (პირობის „შებრუნება“, სასაზღვრო პირობების შეცვლა და ა. შ.) და ასე მიღებული ამოცანის ამოხსნა. ამ ამოცანის პირობაც შეიძლება შეცვალოთ და ისე სცადოთ ამოხსნა, მაგალითად, მასა კი არ იზრდებოდეს, არამედ განუწყვეტლივ კლებულობდეს; ხახუნი ან რაიმე სხვა ძალა მოქმედებდეს ჰორიზონტალურად და ა.შ.

მთავარია, მომზადებისას ამოცანები მექნიკურად, მხოლოდ პასუხის მისაღებად კი არ ამოვსხნათ, არამედ ყველა ნიუანსის გააზრებით და ფიზიკურ არსში გარკვევით.