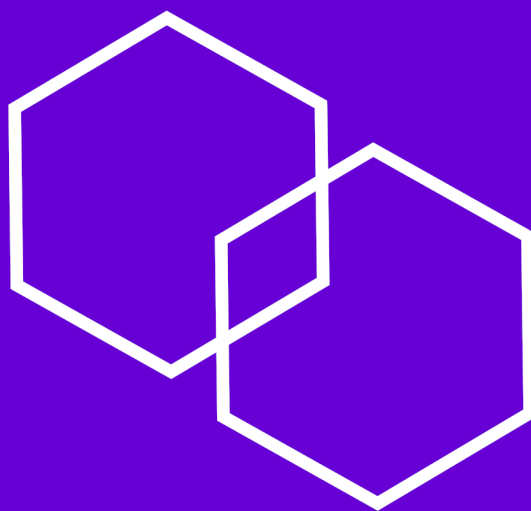


OSNOVNE ŠKOLE - COLLÈGE

ŠESTEROKUT
HEXAGONE



2021.

SADRŽAJ

I	Konceptualni problemi - Problèmes conceptuels - Conceptual problems	3
	Tri problema	4
II	Online pokus	6
III	Kućni pokus - Expérience à domicile	10
	Melodija boce	11

Part I

**Konceptualni problemi - Problèmes
conceptuels - Conceptual problems**

TRI PROBLEMA

Problem 1. [5 bodova] Vjerojatno ste mogli primjetiti da na okruglim stolovima stolnjaci stvaraju nabore, kao na slici ispod. Opišite svojim riječima zašto mislite da se to događa? Hoće li npr. tanki svileni stolnjak stvoriti manje ili više nabora od stolnjak koji je izrađen od krućeg materijala, recimo jeftini plastični stolnjak?

Rješenje 1. Stolnjak je fiksiran za stol i u biti je fiksiran i na rubu stola. Na taj je način opseg stolnjaka na tom dijelu fiksiran, odnosno fiksirana je određena duljina na stolnjaku. Zamislimo na trenutak da nema gravitacije i da je stolnjak i dalje fiksiran na stol, no ostaje paralelan s njim i nakon što prijeđemo rub. Kako se udaljavamo, količina materijala na nekom polumjeru r koji je veći od polumjera stola r_{stol} je veći, jer opseg, a i površina, se povećavaju s polumjerom. Sad, uključimo natrag gravitaciju. Sav taj dodatan materija se pokušava sabiti na neki zadan polumjer. On mora nekuda otići, i on odlazi u nabore.

Ovo se neće dogoditi na ravnim stolovima jer bitan faktor je ovdje i činjenica da je stol okrugao tj. zakrivljen, te u biti ta zakrivljenost tjera materijal da se sabije (tkanina preferira biti ravna, i ne voli se savijati na neku zadanu krivlju te je potrebno uložiti energiju kako bismo ga savili, u suprotnom tkanina će to pokušat izbjeći). Svileni stolnjak će imati više nabora od krutog plastičnog zato što je puno lakše napraviti nabor na svili nego na krutoj tkanini tj. jedan kruti nabor zahtjeva više energije nego nabor na mekom materijalu.

Problem 2. [5 bodova] U zimska doba, grijemo zgrade. Kao što znamo, vrući zrak je lakši od hladnog, i uzgon ga tjera da se kreće vertikalno. Kakav to utjecaj ima na visoke zgrade, i zašto neboderi imaju rotirajuća vrata? Hint: razmislite prvo o dimnjaku koji ima vrata pri svom dnu.

Rješenje 2. Pogledajmo dimnjak. Ako postoje vrata pri dnu, kako vrući zrak ide prema gore tako će povlačiti zrak izvana kroz vrata u dimnjak. Možemo to gledati i na način da zbog svoje visoke temperature, zrak u dimnjaku ima niži tlak nego onaj vani. Zbog te razlike u tlakovima, zraku ulazi u dimnjak. Ako zamislimo sad zgradu, situacija je slična. Zgrada se također grije i topli zrak ide prema gore kroz zgradu. Kod visokih nebodera ovaj efekt ulaska zraka kroz vrata je jak, i može stvoriti jak prolazak zraka kroz vrata, koji nije poželjan i potencijalno je opasan. Rotirajuća vrata to sprječavaju jer u biti onemogućuju stvarane velikog otvora prema van.

Problem 3. [5 bodova] Zamislimo lego kocke od vrlo mekane želatine. Od tih kockica slažemo piramidu. No, u jednom trenu ona postane toliko visoka i teška, da se kock-



ice na dnu raspadnu pod težinom piramide i cijela struktura se sruši. Što to znači za planine?

Rješenje 3. Kako povećavamo masu, kockice se na dnu raspadnu jer imaju neku maksimalnu težinu koju mogu podnijeti prije nego što se raspadnu. To ukazuje da postoji neka maksimalna visina piramide od želatine prije nego što se ona raspadne. Usporedimo li to s planinama, imamo slučaj gdje zemlja tj. kamen, su u ulozi želatine i kockica. Možemo stoga zaključiti da postoji maksimalna visina planina koja može postojati na Zemlji. Kamen ima neki kritičan tlak p_c koji može podnijeti prije nego što pukne. Izjednačavanjem tog tlaka s tlakom koji dolazi od težine cijele planine, možemo dobiti procjenu maksimalne visine planine.

Ova rješenja su minimum za dobiti većinu ili sve bodove. Naravno, nije potrebno imati identičnu formulaciju, bitno je pokazati razumijevanje fizikalnog principa iza pitanja.

Part II

Online pokus

Ovo su službena rješenja zadatka Atomi. Imajte na umu da su ovo tek jedna od mogućih rješenja, te se pri bodovanju svaki sličan odgovor priznaje. Uglate zagrade na kraju svakog zadatka otprilike pokazuju broj bodova koje zadatak nosi. Tekst u kurzivu na kraju svakog zadatka su komentari koji objašnjavaju rješenje, ali ne nose nužno bodove.

1. Atomi su u stabilnoj ravnoteži. *Sustav atoma oscilira oko nekog ravnotežnog položaja, iz čega slijedi da su u stabilnoj ravnoteži. Kada to ne bi bilo točno, krute tvari ne bi postojale jer ne bi bile stabilne.*[0.5]
2. Povećavanjem temperature rastu oscilacije sustava. Daljnjim povećavanjem temperature oscilacija rastu dok se atomi u potpunosti ne odvoje (taljenje). *Točno objašnjenje ovog mehanizma je potrebno tek u kasnijem zadatku.*[0.5]
3. Zagrijavanjem se materijal širi te mu dimenzije rastu. *Naravno, postoje iznimke ovom ponašanju, ali to nije bilo bitno za ovaj zadatak. Ovdje samo promatramo ponašanje (većine) krutina sa povišenjem temperature.*[0.5]
4. Za jako male udaljenosti, atomi se počinju preklapati te se počinju odbijati (poput 2 biljarske kugle). S druge strane, za jako velike udaljenosti, atomi su pre daleko da bi osjetili prisutnost drugog atoma te je potencijalna energija 0. *Pri malim udaljenostima, atomi se počinju odbijati jer se atomi u njihovim elektronskim omotačima odbijaju. Slična pojava je odbijanje magneteta kada su isti polovi blizu. Također, za srednje udaljenost, atomi se privlače. Detalji tog privlačenja su jako komplicirani, te ćemo ih preskočiti zbog sažetosti.*[2]
5. *a* skalira dubinu potencijalne jame, dok *b* mijenja širinu.[0.5]
6. Ako atom savršeno miruje, nalazit će se na dnu potencijalne jame, što odgovara udaljenosti $r = 3.367$. Pošto miruje, kinetička energija mu je 0. Potencijalna energija je -5 te je ukupna energija također -5 . [1]
7. Iz oblika potencijalne energije vidimo da će atom titrati oko ravnotežnog položaja, stoga ravnoteža mora biti stabilna. Također, povećanje temperature povisuje granice energije do koje atom može doći. Stoga se povećava i amplituda oscilacije atoma. [1]
8. Minimum: 3.103 and Maksimum: 3.979. *Ovo možemo izmjeriti tako što postavimo parametar *c* na zadanu vrijednost te očitamo vrijednosti *x* osi za sjecište horizontalnog pravca i krivulje potencijalne energije. To činimo jer nam horizontalan pravac daje vrijednost energije atoma, koja mora biti jedna najvećoj potencijalnoj energiji atoma prilikom titranja. Stoga nam sjecišta daju najveću i najmanju udaljenost atoma.*[1]
9. Povećanjem temperature *d* raste. To znači da povećanjem temperature, prosječna udaljenost atoma raste, te se materijal širi.[1.5]
10. Točni brojevi mogu varirati, ali dvije ključne stvari su: dovoljno točaka blizu dnu potencijalne jame i dovoljno točaka koje leže daleko od dna jame. *Točke blizu jame leže na pravcu te nam indiciraju kako je toplinsko širenje linearna pojava. Ostale točke, nam ukazuju kako je linearnost širenja samo aproksimacija i radi za relativno male temperature. Nije se očekivalo od učenika da unaprijed znaju odabrati raspon, ali je inače dobra praksa prvo isprobati kako se sustav ponaša na cijelom intervalu.*[4]
11. Za dane vrijednosti parametara, $\alpha = 0.022$, bez mjernih jedinica. Bilo koja vrijednost koja je smisljeno dobivena iz podataka je priznata. Za odrediti koeficijent ekspanzije, najlakše je uzeti dvije točke koje i dalje leže na pravcu, te uvrstiti u danu formulu.[1.5]

12. Povećavanjem temperature raste kinetička energija atoma. Stoga rastu i oscilacije, te će se u jednom trenutku atom otkinuti i pobjeći iz potencijalne jame. To možemo vidjeti kao taljenje krutine, jer atomi više nisu čvrsto povezani.[1]
13. Ovo je samo ponavljanje prošlog dijela zadatka, samo je sada potrebno namjestiti vrijednosti parametara a i b . Potrebno je jedino paziti da se kinetička energija uvijek mjeri relativno na dno jame. Vrijednosti parametara koje je potrebno dobiti su: $a = [37.2, 54.3, 72.4, 49.4]$ and $b = [1.11, 1.2, 1.25, 1.43]$, za aluminij, bakar, željezo i srebro, respektivno. Vrijednosti koeficijentata ekspanzije su: $\alpha = [23.6, 11.5, 16.0, 17.5]$. *Skaliranje grafa je malo nezgodno u ovom zadatku, stoga su sva rješenja koja su krivo skaliranja prihvaćena te je samo 0.5 bodova oduzeto.*[4.5]
14. Ako usporedimo vrijednosti, vidimo da su unutar $1.0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ od pravih vrijednosti, te je model poprilično dobar. [0.5] *Naravno, model nije savršen, te postoji puno materijala za koje ne daje toliko dobre vrijednosti. Uspokros tome, ovo je lijep primjer kako u fizici jednostavan model može dati stvarna predviđanja.*

These are the solutions to the problem Atoms. They are only an outline of what the solutions should look like and are by no means the only correct solution. Square brackets indicate the approximate number of marks given for the question. Text in brackets is simply a comment and did not have to be written down. This is intended to make the solutions more useful when reading.

1. -[0.5] The atoms are in stable equilibrium. (Any other type of equilibrium would mean the system is not stable or that it does not oscillate.)
2. -[0.5] The oscillations increase with temperature. If we keep increasing the temperature, the atoms will oscillate more and more until they break apart. (Note, the explanation of how this happens was not necessary until the later question.)
3. -[0.5] The material expands so its dimensions increase.
4. -[2] For very close distance the atoms repulse as they do not wish to occupy the same position (like two hard spheres). For very large distances, the atoms are too far apart to feel each others force.
5. -[0.5] a scales the depth of the potential, while b changes the overall width and shifts the minimum to the right.
6. -[1] If the atom were perfectly still, it would be at the bottom of the valley. $r = 3.367$. Its kinetic energy is 0, as it is still and the potential energy is -5 . Total energy is therefore -5 .
7. -[1] Given the form of the potential, a ball placed to oscillate, will do so around the bottom of the valley. Hence, the equilibrium must be stable. Furthermore, increasing the temperature will increase the maximum height of the potential which a ball can reach. This implies that increasing the temperature increases the oscillations of the system.
8. -[1] Minimum: 3.103 and Maximum: 3.979. This is achieved by setting the parameters as instructed and looking at where the line and the potential energy curve intersect. This works because the total energy is conserved and the ball will stop once its potential energy is equal to total energy, i.e. its kinetic energy is zero.

9. -[1.5] Increasing the temperature increases d . This means that the average distance of atoms will grow with temperature and the material expands with increasing temperature.
10. -[4] The exact numbers vary, but two key things are: There must be enough points close to the bottom of the well, which can be used for estimation of expansion coefficient. Other points should be spread enough for the non linear behaviour to become transparent. A priori you are not expected to know the ranges, but it is always a good practice to first measure across the range of values and closely analyze the behavior.
11. -[1.5] For the given values of parameters, $\alpha = 0.022$ with no units. Any value which was obtained by reasonable methods is accepted. The value can be obtained by taking any two points which still lie on the line.
12. -[1] As the temperature, and hence kinetic energy, are increased the atom oscillates more. At high enough temperature it will be able to go infinitely far away. This corresponds to the system melting, as the atoms are no longer tightly bound in a solid.
13. -[4.5] This is simply repetition of the already done exercise, only now the values of parameters a and b need to be tweaked. Care is needed, as kinetic energy is always measured with respect to the bottom of the well and that is different in this case. Given the mean distance and melting point data the values of the parameters should be: $a = [37.2, 54.3, 72.4, 49.4]$ and $b = [1.11, 1.2, 1.25, 1.43]$ for Aluminium, Copper, Iron and Silver, respectively. This leads to values of expansion coefficients $\alpha = [23.6, 11.5, 16.0, 17.5]$. (Due to possible scaling errors with this, if students obtain all the values scaled by a certain factor only 0.5 points are deducted).
14. -[0.5] Comparing the values, we see that the model works quite well, especially considering its simplicity. All the values are within 1.0 from the actual value.

Part III

Kučni pokus - Expérience à domicile

MELODIJA BOCE

Sva rješenja koja su drukčija od napisanih ovdje se uzimaju kao točna sve dok su fizikalno ispravna. Rješenja koja su nejasna, nečitka, nepotpuna i nerazumljiva, te iz kojih ispravljajč ne može jasno vidjeti što su natjecatelji htjeli reći, ne mogu dobiti potpune bodove.

Pitanje 1. Što je to frekvencija vala? Što je to valna duljina vala?

Rješenje 1. [2 bod] Frekvencija vala je frekvencija kojom pojedina čestica ili dio tog vala titra oko svog ravnotežnog položaja. Valna duljina je udaljenost između dva dijela vala koji su u fazi, npr. brijeg-brijeg ili dol-dol.

Pitanje 2. Što je to brzina vala i kako ona ovisi o frekvenciji i valnoj duljini? Koliko ona iznosi u zraku? Je li ta brzina fiksna ili se može mijenjati?

Rješenje 2. [2 bod] Brzina vala je brzina kojom se giba brijeg ili dol vala, odnosno faza vala kroz medij. To je prividna brzina jer se medij ne giba na taj način dok val prolazi kroz njega. Bitno je razlikovati između brzine kojom se giba sam poremećaj i brzine kojom se giba pojedina čestica medija kad preko nje prođe poremećaj, jer te brzine nisu iste. U slučaju zvuka tj. nedisperzivnih valova, $c = \lambda f$, a u slučaju zraka je to oko 340m/s . Ta se brzina može mijenjati ovisno o svojstvima medija, u slučaju zraka to može ovisiti o temperaturi.

Pitanje 3. Zamislimo na trenutak da se gibate brže od brzine zvuka. Približavate se prijatelju koji miruje i odlučite ga pozdraviti. Hoće li on čuti vaš pozdrav?

Rješenje 3. [2 boda] Ova situacija je slična avionima koji prolaze iznad nas brzinom većom od brzine zvuka, i tek nakon par sekundi nakon što prođu iznad nas ih čujemo. Ista stvar bi se ovdje dogodila, naš prijatelj bi nas čuo tek nakon što prođemo pored njega.

U odgovor možemo uključiti i valni udar koji se pojavljuje kada probijemo zvučni zid. Njega će naš prijatelj isto čuti, no isto tako tek nakon što prođemo pored njega, stoga naš pozdrav neće biti jedina stvar koju čuje. Valni udar nije nužno spomenuti za dobiti sve bodove.

Pitanje 4. Što je po vama fizikalni proces iza ovog zvuka, kako intuitivno možemo to razumjeti? Zašto čujemo taj zvižduk? Hoće li višlja boca imati dublji ili viši ton i zašto?

Rješenje 4. [3 boda] Zvuk koji dolazi iz boce se pojavljuje zato što kad pušemo na vrh boce upuhujemo zrak koji potom zbog povećanog tlaka izađe van, i nakon što izađe van u boci je tlak unutar nje ponovno nizak, te se ona ponovno puni itd. Frekvencija kojomo se to događa ovisi o obliku boce, ali ne i o tome kako mi pušemo nad bocom, jednako kao što je frekvencija recimo opruge neovisna o tome koliko ju mi izmaknemo od ravnoteže. Višlja boca će imati nižu frekvenciju odnosno niži ton.

Zvižduk ne možemo objasniti stvaranjem tzv. stojnog vala, odnosno da kažemo da zvuk uđe u bocu i odbije se od dna. To bi značilo da je frekvencija tog zvuka dana s $f = c/(4L)$ gdje je L visina boce. Za bocu visine 10cm, ta je frekvencija oko 850Hz, daleko od onog što se može izmjeriti.

Dobra interpretacija je da zamislimo zrak u boci kao oprugu. Prelaženjem zraka iznad boce možemo reći da pobuđujemo tu oprugu i tjeramo ju da titra, a opruga ima svoju vlastitu frekvenciju titranja koja ovisi o njenim fizikalnim svojstvima.

Pitanje 5. Pronađite praznu bocu (autor je koristio staklenu bocu od 330ml, no uzmite onu s kojom vam je najlakše proizvesti ton). Koristeći aplikaciju odredite frekvenciju prazne boce.

Rješenje 5. [3 boda] Ovisi o boci koju su učenici izabrali, autor je imao frekvenciju od oko 220Hz

Pitanje 6. U bocu dodajte vodu i odredite kako se frekvencija mijenja s volumenom vode. Napravite bar pet mjerenja frekvencija i visina vode u boci.

Rješenje 6. [10 bodova] Potrebno je prikazati graf i mjerenja. Mjerenja moraju biti fizikalno realistična. Ocjenjujemo kvalitetu i razinu prezentacije kao i detalje koji su dani oko pokusa. Bodovi se dodjeljuju u međusobnoj usporedbi radova, odnosno, uzevši u obzir sve radove, najkvalitetniji radovi će imati najviše bodova i u odnosu na njih se dalje dodjeljuju bodovi.

Pitanje 7. Kako biste odredili količinu zraka u boci iz podataka koje već imate? Nacrtajte koristeći tablicu te podatke. Tablica također crta pravac koji prolazi kroz vaše točke, odnosno pravac dan s $f = C/\sqrt{V}$, odnosno crta ovisnost frekvencije o veličini $x = 1/\sqrt{V}$, i računa C . Odredite iz tog C koji ste dobili kolika je efektivna duljina vrata? Je li ta duljina blizu stvarne duljine vrata? Ako nije, zašto?

Pitanje 7. [4 boda] Količinu zraka možemo odrediti tako da oduzmemo volumen vode od ukupnog mogućeg volumena u boci. Koristeći gornju formulu, putem konstante C , možemo iskazati duljinu vrata kao

$$L_{\text{vrat}} = \left(\frac{c}{2\pi}\right)^2 \frac{A}{V} \quad (1)$$

Koristeći podatke iz mjerenja i one koje tablice da, moguće je ubaciti C u gornju formulu. Sva realistična objašnjenja uzimamo u obzir.