



## § 30.

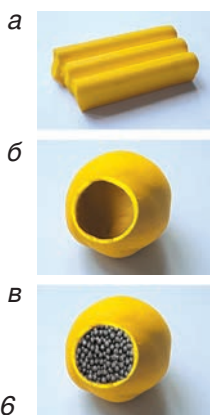
### Плаванне суднаў. Паветраплаванне

(для дадатковага чытання)

На выкарыстанні сілы Архімеда заснавана плаванне плытоў, лодак, караблёў, а таксама паветраплаванне. А што такое паветраплаванне? Чым яно адрозніваецца ад палётаў птушак, самалётаў, ракет?

У папярэднім параграфі мы высветлілі, што *аднароднае* цела, якое складаецца з рэчыва шчыльнасцю  $\rho_{ц}$ , не тоне ў вадкасці шчыльнасцю  $\rho_{в}$  пры ўмове  $\rho_{ц} < \rho_{в}$ . А пры якой умове будзе плаваць *неаднароднае* цела, якое складаецца з матэрыялаў рознай шчыльнасці (карабель, падводная лодка, катар)? Пры такой жа ўмове, толькі замест шчыльнасці рэчыва трэба ўзяць *сярэдняю* шчыльнасць цела  $\langle \rho_{ц} \rangle$ , г. зн.  $\langle \rho_{ц} \rangle < \rho_{в}$ .

Сярэдняю шчыльнасць цела разлічваюць па формуле  $\langle \rho_{ц} \rangle = \frac{m_{ц}}{V_{ц}}$ , аналагічнай формуле для шчыльнасці рэчыва. Сярэдняя шчыльнасць цела залежыць ад шчыльнасці матэрыялаў, з якіх яно складаецца. Напрыклад, калі з кавалку пластыліну (мал. 216, а) зляпіць шар з паветранай поласцю (мал. 216, б), то сярэдняя шчыльнасць шара стане меншай за шчыльнасць пластыліну ( $\langle \rho_{ш} \rangle < \rho_{пл}$ ). А калі запоўніць поласць свінцовым шротам (мал. 216, в)? Сярэдняя шчыльнасць шара будзе большай за шчыльнасць пластыліну ( $\langle \rho_{ш} \rangle > \rho_{пл}$ ).



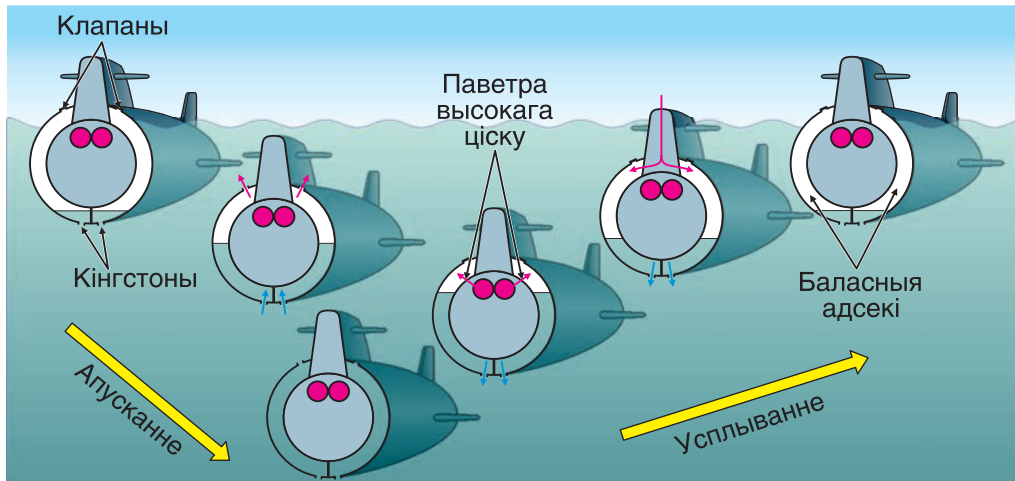
Мал. 216

Караблі, паромы, яхты і г. д. канструююць так, каб іх сярэдняя шчыльнасць  $\langle \rho \rangle$  была меншай за шчыльнасць вады. У караблях (мал. 217, а) для гэтага ствараюць воданепранікальныя адсекі, запоўненыя паветрам. А для таго, каб падводная лодка (мал. 217, б) магла ісці як у надводным, так і ў падводным рэжыме, у яе канструкцыі (мал. 218) прадугледжваюць магчымасць «кіравання» яе сярэдняй шчыльнасцю  $\langle \rho_{ц} \rangle$ . Каб рухацца пад вадой, трэба павялічыць сярэдняю шчыльнасць  $\langle \rho_{ц} \rangle$ . Для гэтага спецыяльныя *баласныя адсекі* лодкі запаўняюць вадой. Каб паменшыць сярэдняю шчыльнасць, вадку з гэтых адсекаў выцяснююць сціснутым паветрам (мал. 218).

Для марскіх і рачных суднаў існуе максімальная глыбіня бяспечнага апускання. Яе называюць *гранічнай асадкай*. Узровень апускання пры гранічнай асадцы абазначаюць на борце судна чырвонай лініяй — *ватэрлініяй* (мал. 217, а). Маса вады  $m_{в}$ , выцесненай апушчаным да ватэрлініі суднам, называецца *водазмяшчэннем судна*.



Мал. 217



Мал. 218

Знакаміты «Тытанік» меў водазмяшчэнне  $m_v = 46\,300$  т.

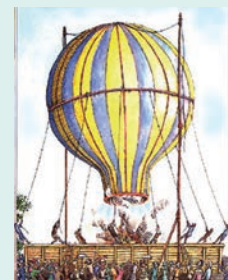
Асадка судна ў незагружаным стане меншая за гранічную, а пры наяўнасці максімальна дапушчальнага грузу — роўна ёй. Адпаведна маса карабля  $m$  без грузу меншая за яго водазмяшчэнне  $m_v$ . Рознасць  $m_v - m = m_{гр}$ , роўная масе максімальна дапушчальнага грузу, называецца *грузапад'ёмнасцю* судна. Сучасныя марскія танкеры, якія перавозяць нафту, маюць грузапад'ёмнасць 500 000 т і больш.

А што такое *паветраплаванне*? У адрозненне ад *авіяцыі*, у якой для палёту выкарыстоўваюць устройства, цяжэйшыя за паветра (самалёты, верталёты), *паветраплаванне* ажыццяўляецца з дапамогай такіх лятальных апаратаў, як паветраныя шары, дырыжаблі і г. д.

Як і для плавання суднаў асновай паветраплавання служыць выкарыстанне закона Архімеда.

### ▼ Для дапытлівых

Першы паветраны шар (мал. 219) быў сканструяваны ў Францыі братамі Мангальф'е і паспяхова запушчаны ў 1782 г. Унізе шара была адтуліна, пад якой знаходзілася жароўня з гарачымі вуглямі. Паветра ўнутры шара паступова награвалася, расшыралася, і частка яго выходзіла з шара. Яго сярэдняя шчыльнасць становілася меншай за шчыльнасць паветра звонку, і шар уздымаўся ўверх. Такія паветраныя шары не маглі падняцца на вялікія вышыні.



Мал. 219

Як павялічыць вышыню пад'ёму шара? Для гэтага сучасныя шары напаяўняюць не цёплым паветрам, а геліем (шчыльнасць прыкладна ў 7 разоў меншая за шчыльнасць паветра). Выштурхвальная сіла становіцца дастатковай для таго, каб шар з грузам мог падняцца ў стратасферу.



Мал. 220



Мал. 221

Рознасць паміж сілай Архімеда і сілай цяжару ненагружанага шара роўна вазе грузу, які шар можа падняць, г. зн. яго *пад'ёмнай сіле*.

Чаму лятальныя шары запаўняюць не вадародам — самым лёгкім з газаў, а геліем? Таму, што вадарод (у адрозненне ад гелію) утварае з паветрам вельмі выбухованебяспечную сумесь!

Паветраныя шары, якія падымаюцца на параўнальна невялікія вышыні, называюць *аэрастатамі*, а на вялікія (больш за 11 км, дзе пачынаецца стратасфера) — *стратастатамі*. Апараты, якія выкарыстоўваюць, акрамя сілы Архімеда, сілу цягі рухавікоў, забяспечаных прапелерамі, называюць *дырыжаблямі* (мал. 220).

Паветраплаванне знайшло сваё практычнае прымяненне. Запускаючы шары-зонды, забяспечаныя датчыкамі, метэаролагі атрымліваюць інфармацыю аб тэмпературы, ціску, аб забруджанасці атмасферы на розных вышынях. Дырыжаблі выкарыстоўваюцца для перавозкі буйнагабарытных грузаў.

Карыстаюцца папулярнасцю палёты на паветраных шарах у забаўляльных мэтах (мал. 221).

Выкарыстанне законаў фізікі дазволіла чалавеку асвоіць паветраны і водны акіяны. Паветра і вада — самыя неабходныя складнікі для жыцця чалавека і ўсяго жывога свету. Таму асвойваць паветраны і водныя прасторы трэба экалагічна правільна, стараючыся не прыносіць ім шкоды.

### ■ Галоўныя вывады

1. Плаванне суднаў і паветраплаванне заснаваны на выкарыстанні выштурхвальнай сілы (сілы Архімеда).
2. Маса вады, выцесненай апушчаным да ватэрлініі суднам, называецца водазмяшчэннем судна.
3. Грузапад'ёмнасць судна роўна рознасці паміж водазмяшчэннем і масай ненагружанага судна.
4. Пад'ёмная сіла паветранага шара роўна рознасці паміж сілай Архімеда, якая дзейнічае на яго, і сілай цяжару ненагружанага шара.

## ? Кантрольныя пытанні

1. Што такое ватэрлінія?
2. Ці можна, параўнаўшы становішча ватэрліній двух роўных па памерах суднаў, меркаваць аб іх грузапад'ёмнасці? Водазмяшчэнні?
3. Чаму для павелічэння вышыні пад'ёму паветранага шара з яго трэба скідваць груз (баласт)?
4. Пад'ёмная сіла паветранага шара  $F = 2,5$  кН. Што гэта значыць?



## Прыклад рашэння задачы

Плошча льдзіны  $S = 5,0$  м<sup>2</sup>. На колькі павялічыцца глыбіня апускання льдзіны, калі на яе ляжа марскі коцік масай  $m = 100$  кг?

Дадзена:

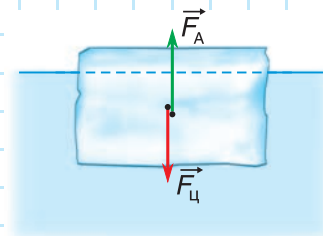
$$S = 5,0 \text{ м}^2$$

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$\Delta h = ?$$

Рашэнне

На льдзіну ў вадзе дзейнічае сіла цяжару  $\vec{F}_ц$  і сіла Архімеда  $\vec{F}_A$  (мал. 222). У стане раўнавагі  $F_ц = F_A$ . Пасля таго як на льдзіну ляжа марскі коцік, на яе падзейнічае сіла ціску  $\vec{F}_{ціску}$ , роўная вазе  $\vec{P}$  коціка:  $\vec{F}_{ціску} = \vec{P}$ . Льдзіна апусціцца глыбей у вадзе.



Мал. 222

Пры гэтым павялічыцца сіла Архімеда, якая дзейнічае на льдзіну:  $\Delta F = \rho_в g \Delta V = \rho_в g S \Delta h$ . Павелічэнне сілы Архімеда абумоўлена вагой марскога коціка:  $\Delta F = P$ . Паколькі  $P = mg$ , то  $\Delta F = mg$  або  $\rho_в g S \Delta h = mg$ . Адсюль

$$\Delta h = \frac{m}{\rho_в S} = \frac{100 \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 5 \text{ м}^2} = 0,02 \text{ м} = 2 \text{ см}.$$

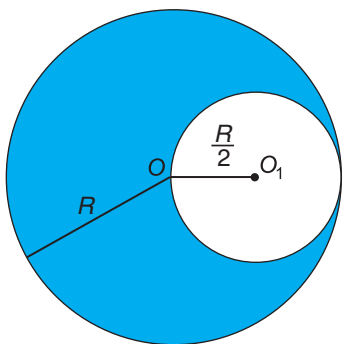
Адказ:  $\Delta h = 2$  см.

## Практыкаванне 23

1. Вызначыце становішча цэнтра цяжару аднародных цел, паказаных на малюнку 223.



Мал. 223



Мал. 224

2. Адна палова прамавугольнага бруска даўжынёй  $l = 20$  см складаецца з медзі, другая — з алюмінію. Вызначыце становішча цэнтра цяжару бруска. Шчыльнасць медзі  $\rho_m = 8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , алюмінію  $\rho_{\text{ал}} = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

3. З аднароднай пласцінкі ў выглядзе круга радыусам  $R$  выразана круглая адтуліна радыусам  $\frac{R}{2}$  (мал. 224). На якой адлегласці ад пункта  $O$  знаходзіцца цэнтр цяжару пласцінкі?

4. Аб'ём часткі катара, апушчанага да ватэрлініі,  $V = 15 \text{ м}^3$ . Вызначыце водазмяшчэнне катара.

5. Вызначыце выштурхвальную сілу, якая дзейнічае на шар-зонд аб'ёмам  $V = 8,0 \text{ м}^3$ , запоўнены геліем. Маса абалонкі шара  $m = 0,80$  кг. Які груз можа падняць гэты шар? Ці здольны ён падымацца на неабмежаваную вышыню?

6. Дакажыце, што падводная частка айсберга складае 90 % яго аб'ёму.

7. Ці зменіцца глыбіня апускання лодкі пасля спуску ў ваду якар-ра? Разгледзьце два выпадкі: а) якар яшчэ не дасягнуў дна; б) якар ляжыць на дне.

8. Ацаніце памеры дырыжабля, які мог бы падняць груз масай  $m = 50$  т.



9. Выкарыстоўваючы інтэрактыўную мадэль «Умовы плавання цел», вызначыце, у якіх вадкасцях плавае шарык з корка, пластыліну, свінцу і золата. Растворыце вынікі доследаў.



### Тэмы праектных заданняў па раздзеле «Асновы статыкі»

1. Антычная механіка.
2. Простыя механізмы ў маім доме.
3. Міфы і легенды фізікі.
4. Законы статыкі ў канструкцыі веласіпеда.
5. Як аднаму пагрузіць у кузаў машыны цяжкую бочку?
6. Плаванне суднаў і закон Архімеда.
7. Ад дэльтаплана да самалёта.
8. Чаму айсбергі не тонуць?