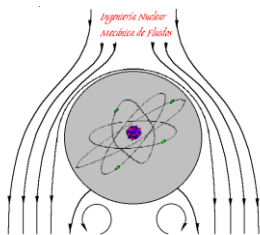




eman ta zabal zazu

15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan



Gorka Alberro Eguilegor
Joseba Aranburu Aierbe
Ganix Esnaola Aldanondo
Maddi Garmendia Antín
Estibalitz Goikoetxea Miranda



15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

SARRERA

Ikasgaiaren hasieran fluidoen biskositatea aipatu zen, solidoetatik bereizten duen ezaugarria. Orain arte ez da kontuan izan, estatikan ez baitu eraginik, eta fluidoaren dinamikaren azterketan, planteamendua errazteko, fluidoak perfertutzat hartu bait dira.

Bernoulli-ren ekuazioa errealitatean aplikatu ahal izateko, oinarrizko hipotesiak aldatu egin behar dira. Aldakuntza hauen artean fluidoaren errealitatea dela kontsideratuko da, eta ondorioz fluxuetan energia-galerak sortzen direla.

Barne eta kanpo-fluxuak definituko dira, Reynolds-en esperientziak eta ondorioak aztertuko dira eta bukatzeko muga-geruza kontzeptua eta abiaduraren banaketa barne-fluxu laminar eta turbulentuaren azalduko dira.



15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

FLUXU MOTAK

Barne-fluxua: gainazal solidoez inguraturik dagoen fluxua da. Adib. hodi itxietako, toberetako, hedagailuetako, bapateko zabalgunek eta estuguneetako, balbuletako,.. fluxua barne-fluxua da.

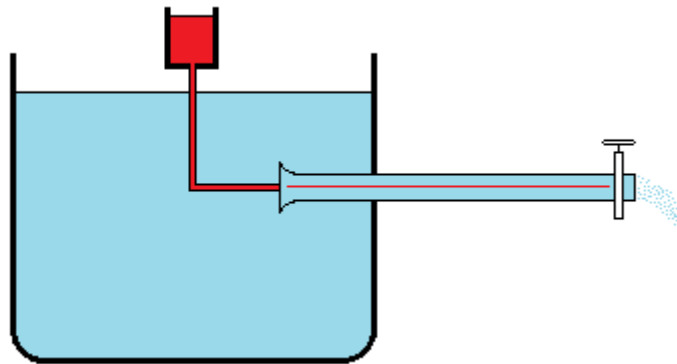
Barne-fluxua laminarra ala turbulenta izan daiteke. Fluxu laminarraren zenbait kasu analitikoki ebatz daitezke. Fluxu turbulentuaren ezinezkoa da ebazpen analitikoak, teoria erdientzikoetara eta datu esperimentaletara jo behar da. Barne-fluxuetan fluxu-mota Reynolds zenbakiaren funtzioa da.

Kanpo-fluxua: mugarik gabeko hedadura duen fluxu batean murgilduriko gorputz gaineko fluxuak dira. Fluxuaren hedadura infinitua kontsideratzen da askotan.

15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

REYNOLDS-EN ESPERIENTZIA. REYNOLDS-EN ZENBAKIA

Fluxu laminarrean fluidoa geruzaz-geruza mugitzen da. Turbulentuan aldiz, fluido partikulak zurrumbilo batean mugitzen dira. 1883n Osborne Reynolds ikertzaileak fluidoaren mugimendua aztertu zuen. Saiakuntz-hodiaren barnean koloratzaile bat injektatu zuen. Emari txikietarako, hau da Reynolds zenbaki bajeatarako, koloraturiko haria zuzena marratuz mugitzen zen fluxu barnean, inguratzen zuen urarekin nahastu gabe, hau da, fluxua laminarra zen. Emaria handitzean, Reynolds zenbakia handiagoa zen. Une batean koloraturiko haria bapatean hautsi eta hodian barrena zirkulatzen zuen uretan nahasten zen, hau da, fluxua turbulentu bihurtzen zen.



15.1 Irudia. Reynolds-en esperientzia.
Geure irudia.



15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

REYNOLDS-EN ESPERIENTZIA. REYNOLDS-EN ZENBAKIA

Baldintza hauetan, beirazko hodietan eta bibrazioak ekiditeko oso neurketa arduratsuak eginez $Re=12.000$ mugaraino fluxua laminarra izan zitekeela frogatu zuen. Ondorengo ikertzaileek, Reynolds-ek erabilitako ekipo bera erabiliz, ura geldirik manteduz zenbait egunetan eta bai uraren bai ekipoaren bibrazioak ekidinez, $Re = 40.000$ mugaraino ere altxatu dute fluxu laminarraren Reynolds zenbakia.

Fluxu turbulentutik abiatuz, aldiz, abiaduraren balioa **Re** 2000 baino txikiagoa izateraino bajatzen zenean, fluxua beti laminarra bihurtzen zen. Zenbaki honi *Reynolds-en beheko zenbaki kritikoa* hodienezat deritzo eta inportantea da kalkulu praktikoetarako. Era berean fluxua laminarretik turbulenta pasatzean, **Re** 4000 baino handiagoa zenean fluxua turbulenta zela behatu zuen. Zenbaki honi *Reynolds-en goiko zenbaki kritikoa* deritzo.



15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

REYNOLDS-EN ESPERIENTZIA. REYNOLDS-EN ZENBAKIA

Ondorioak:

- Erregimenen arteko transizioa bapatekoa da.
- Fluxuaren laminartasuna fluidoaren abiadurarekiko eta hodiaren diametroarekiko zuzenki proportzionala da eta fluidoaren biskositate zinematikoarekiko alderantziz proportzionala.
- Fluxua laminarra izatetik turbulenta izatera pasatzen den muga zehazten zaila da, fluxuaren kondizioen menpekoa baita (bibrazioak,...).

$Re \leq 2000$: fluxu laminarra. Indar biskosoak nagusitzen dira. Biskositatearen Newton-en legea betetzen da.

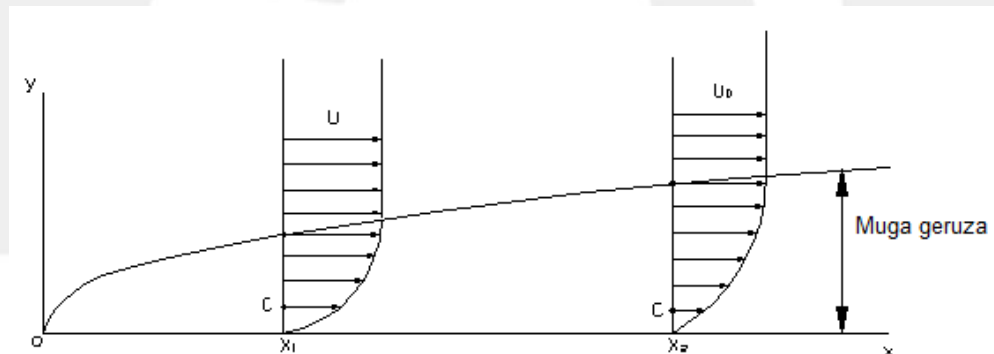
$Re \geq 4000$: fluxu turbulenta. Turbulentziak indar biskosoak ia anulatzen ditu. Ez da biskositatearen Newton-en legea betetzen.

$2000 < Re < 4000$ fluxua zehaztugabe dago, laminar ala turbulentu bezala porta daiteke inguruneko baldintzen arabera, une batetik bestera aldatzen delarik. **Tarte honetan ez da sekula lanik egin behar.**

15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

MUGA GERUZA

1904ean Ludwig Prandtl-ek muga-geruzaren kontzeptua garatu zuen, fluxu ideala fluxu errealarekin erlazionatzeko baliagarri dena. Biskositate txikiko fluidoetan, barne-marruskaduraren eragina fluidoaren mugalde solidoarekin ukipenean dagoen fluxu-eremu oso mehean soilik nabarmentzen da, Prandtl-ek **muga-geruza** deitu zuena. Eremu honetatik kanpo fluxua ideala kontsidera daiteke.



15.2 Irudia. Muga geruza laminarraren sormena. Geure irudia.

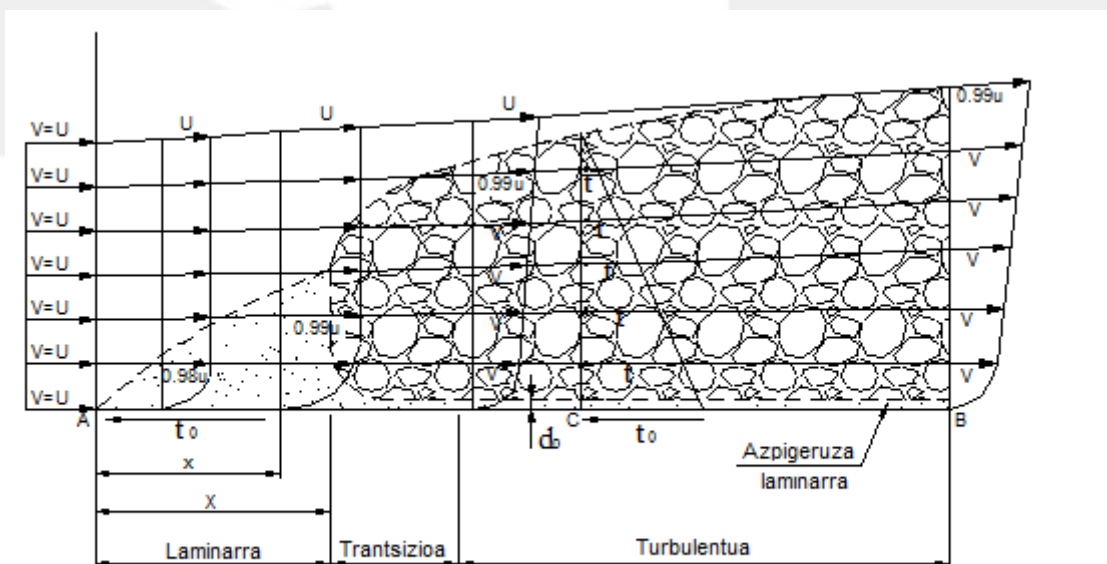
Fluidoak solido baten inguruan mugitzen denean, solidoak marruskadura-indarra ezartzen dio, solidoarekin ukipenean dagoen fluido-geruza solidoaren abiadura mugitzen delarik. Solidoarekiko plano perpendikular batean kokaturiko puntuak hartuz, solidotik urrundu ahala fluxuaren abiadura handituz doa. Abiadura-aldakuntza gertatzen den fluxu-eremuari muga-geruza deritzo.

15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

MUGA GERUZA

Muga-geruzaren barnean ebakidura-tentsioak sortzen dira aldameneko fluido-geruzen arteko abiadura-gradienteagatik Newtonen biskositatearen legearen arabera.

Muga-geruzaren δ lodierak balio jakina lortzen duenean fluxu laminarra ezegonkorra bihurtzen da eta desagertu egiten da, fluxua turbulentu bihurtzen delarik.



15.3 Irudia. Muga geruza turbulentuaren sormena. Geure irudia.



15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

MUGA GERUZA

Muga-geruza turbulentuan ebakidura-tentsioa zurrumbilo edo turbulentsiak sortua da, non η zurrumbilo- biskositatea den.

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dy}$$

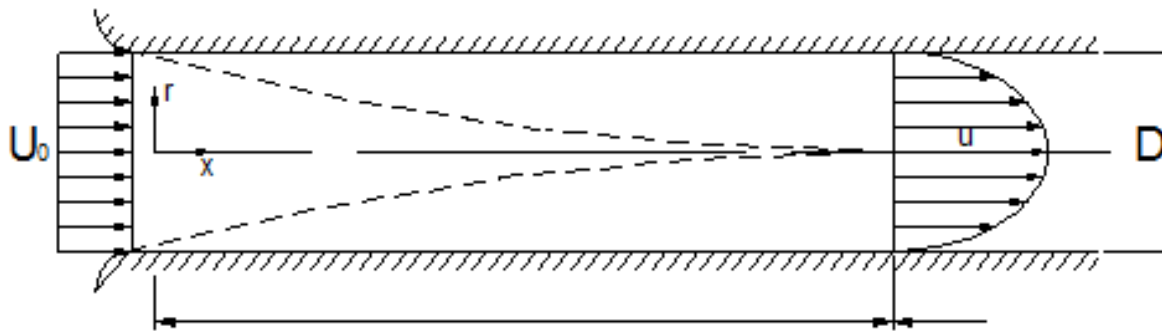
Transizio-gunea pasa ondoren, plakaren paretaren ondoan plakak berak edozein zeharkako mugimendu galerazten du. Nahiz eta fluxua oso turbulentsua izan, plakarekin ukipenean dagoen fluxuan turbulentsia hau deuseztu egiten dela, azpigeruza laminar oso mehe bat sortuz. Fluido geruza honi *azpigeruza laminarra* deritzo.

15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

FLUXU LAMINAR ETA TURBULENTUA BARNE-FLUXUETAN

Demagun hodi batetik zirkulatzen duen fluxua laminarra dela. Hodiaren sarreran abiaduraren profila ia uniformea da zeharkako sekzio osoan.

Paretak eragindako indar ebakitzzaileak fluxua balaztatzen du. Ondorioz, emari berak zirkulatzeko, erdialdean abiadurak handitu egin behar du.



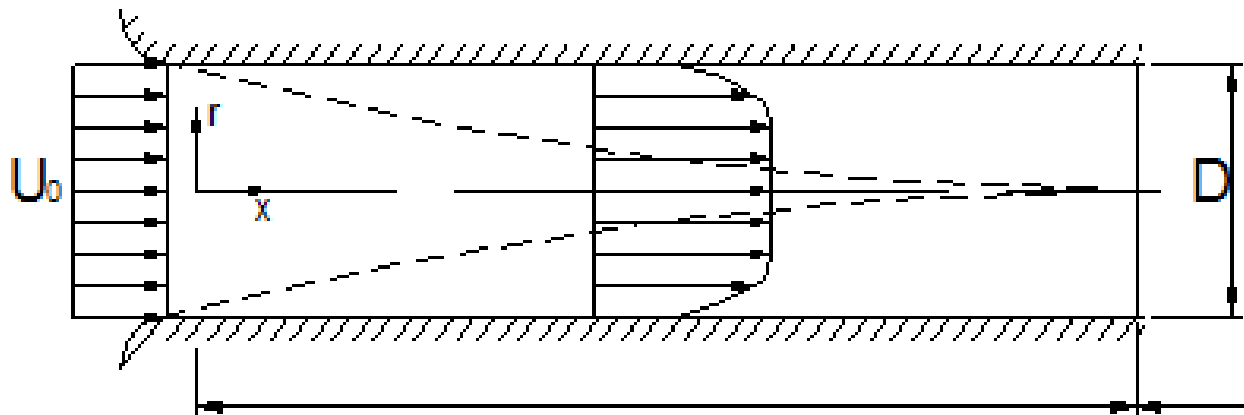
15.4 Irudia. Muga geruza laminarraren sormena konduktu itxian.
Geure irudia.

Indar ebakitzzaile honengatik muga-geruza laminarra sortzen da, bere lodiera handituz doa hodi osoan hedatu arte, sarreratik L' distantziara. Momentu horretan erregimena dinamikoki ezarri dela esaten da. Gune horretatik aurrera abiadura-banaketa parabolikoa da.

15. Gaia: Biskositatearen eragina fluxuetan

FLUXU LAMINAR ETA TURBULENTUA BARNE-FLUXUETAN

Aurreko kasuan bezala, paretetik gertu dauden partikulak atxekita geratzen dira muga-geruza agertzen delarik. Muga geruza hau hasieran laminarra da, bere lodiera gradualki handituz doa ezegonkorra egin arte, une horretan geruza turbulentua garatzen da ia pareteraino, bertan azpigeruza laminarra mantentzen delarik.



15.5 Irudia. Muga geruza turbulentuaren sormena konduktu itxian. Geure irudia.

Hodian zehar erregimena dinamikoki ezarri dela esaten da. Abiadura-banaketa erregimena egonkortzen denean irudikoa ageri da: abiadura-aldaketa oso azkarra azpigeruza laminarrean eta zonalde turbulentuan banaketa logaritmikoa.