

Kaj so hudourni vrtinci.

SPISAL DR. SIMON ŠUBIC,

dopisujoči član jugoslavske akademije znanosti i umjetnosti.

Predano u sjednici matematičko-prirodoslovnoga razreda jugoslavske akademije znanosti i umjetnosti 29. srpnja 1868.

V nekem pismu, ki mi ga je pisal oče leta 1855, najdem zapisano: „Taki vrtinci se delajo v hudih urah tudi v naših krajih; zavrtelo se je po vetru od cerkve tje po travnikih pa je senó vzelo; na kolskem vrhu pri Kožuhu pa vzame vrtinec cel voz sená; pa sem tudi sam videl na jezeru, ko je vodó zavrtel pa jo je nesel kvišku; ta reč je taka da zbolí človek, ko bi se začudil, mi pravimo da se hudi pritisne (!)“.

Časi se vidi pri lepem vremenu v zraku vrtinec, ki ga dela veter iz peska in prahù. Ko pa prihajajo viharji, delajo se večí vrtinci, ki vzdigujejo na okrog prah, pesek, listje, slamo, seno in tudi vodó. V mestih se delajo po navadi taki vrtinci iz prahù okoli mestnih vrat, kjer veter piše poleg kakega zidù do vrat. Vrata so ožja nego prostor pred vrati, ter se veter zavira in zavija pa se zavrti po zraku. Kar dela zid pri vratih, ki zavira veter, storé pod prostim nebom tudi vetrovi, ki gredó eden drugemu nasproti.

V boji močnih nasprotnih vetrov rodé se v hudih urah ali pri hudem vremenu močni vrtinci iz vodá in meglá po morji, po jezerih, po rekah in po suhem. Moč hudournih vrtincov je taka, da izdirajo drevesa s korenino, jemljó strehe raz hiš pa na morji trgajo platnena jadra na barkah.

O meglenem vrtinci mi je pripovedoval domorodec, ki ga je videl na savskem polji, takole: Pripravljalo se je k hudej uri, veter nestanovit en je pihal skakoma zdaj od te zdaj od one strani; solnce, večidel zakrito, prikazuje se pripekalo je kakor pred točo; prišel je vihar ni dež brez bliska in treska.

Huda megla vleže se proti jugu, v oblakih vré neprestano, kakor ko se k toči pripravljaja. Močen sever pripodi od zahodne strani hudo megló, megla se nizko vleče, malo daje deža. Ko jo pripodi nad savsko polje, stori se iz nje črna megla, na kraji gladka, na sredi pa nekaj zbočena navzdoli. Ne traje dolgo pa se na zbočenem mestu potegne megla proti tlem tako, da dobi podobo, kakor jo ima vlivalnik ali pa debel nekaj zakrivljen korén, ki gleda iz zgornje megle na zemljo.

Ko je meglén vrtinec v podobi zakrivljenega korena iz megle proti tlem potegnil se, zavil se je tudi veter in potegnil je po polji od izhodno južne strani; med tem pa je vidoma v daljnih meglah, bolj tje proti snežnikih, vihar pihal in jih vrtil in dež je lil, da ni bilo onde viditi niti hriba niti zemlje. Ko je v urnih meglah pobliskalo se, segal je blisk tudi po meglénem vrtinci ter se je vidilo natanko njegovo truplo. Natanko se je ločila sreda vrtinca ali vrtinčeva *os*, okoli ktore so sukale se megle, viditi je bilo, kakor da bi bil vrtinec na sredi prazen in kakor da bi črne megle stoječe daleč okoli sukale se krog njegove osi.

Trajala je prikazen tega vrtinca kakih pet minut, potem pa so se vrteče megle hitro razkropile, poblisknole se je in strela je vdarila iz megle v Savo ali na polje. Za strelo prišla je ploha in iz male megle se je vsul dež, kakor da bi bili oblaki pretrgali se, in z dežjem je padalo nekaj toče debele kot lešnik.

O vodenem vrtinci mi je pisal oče samo to: „megle so šle po severu, po tleh je pa južen veter potegnul ter je zagnal iz ceste prašen vrtinec tje na jezero, kar se zavrti voda k višku, kakor bi jo megla vzdigovala“.

Bolj natanjko pripoveduje Mohr v Poggendorff-ovih annalih o vodenem vrtinci, ki so ga vetrovi napravili pri Kolblenci prvega Maja 1835. leta. Kmalu popoldne se je vzdignol veter na polji, delal je vrtince iz prahu in peska in vse huje je pihal. Vzdignol se je vrtinec iz prahu in peska visoko v zrak, visokejši nego so bile vse bližnje hiše. Vrtinec je imel podobo velikega vlivalnika ali pa silnega korena, ki nekaj na pošev stoji na tléh. Tako čez polje gredé je vjel vrtinec ženó, ki je imela jerbas na glavi; vrgel je ženo na tlá, jerbas pa je vzdizgnol s sabo visoko v zrak in ga nesel unkraj reke Rene.

Veter je gnal vrtinec z močnim hrupom in pišem; vrtinec je vzel streho raz hiše pri fabriki, jo vzdignol in nesel čez fa-

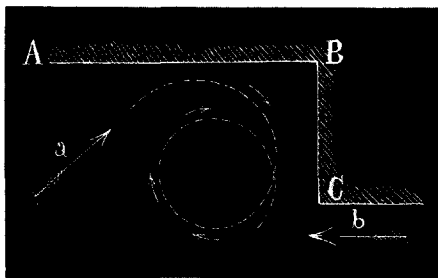
briko daleč tje na polje. Ko je prignal veter vrtinec nad reko Mozal, spremenilo se je vrtinčevo truplo, mesto prahu in peska se je storil vrtinec iz vodé. Kakor da bi bila zavrela voda onde, kjer se je je zadel vrtinec, vzdignol jo je pol vodotoka na ši roko kvišku.

Enaki vodeni vrtinci so velika nevarnost za mornarje na morji. O hudem vremenu delajo se po morji radi taki vrtinci ter gredó po vetru s silno močjo. S silnim hrupom bližajo se barki, ako jo vjamejo, potrgajo in polomijo, kar stoji na njej; debele hrastove tramove ali stebre, ki nosijo jadra, poderó, kakor bi bile šibe. Barke, ki imajo topove pri sebi, postavijo se v boj s hudim vrtincem, ako mu ne morejo uiti. Kakor da se bliža sovražnik, streljajo na barki na vso moč v bližajoči se vrtinec. Z močnim streljanjem razsuje se nekaj vodenega vrtinčevega trupla, zgubi se precej njegove vrteče moči in mornarji so veseli, če mu vzemó toliko moči, da ne stori druge kvari, da jih oblije z barko vred z vodo, ki jo je iz morja vzdignol.

Kdor se nameni razlagati, kaj só vrtinci in od kod prihaja njihova nevarna moč, mora ogledovati natanko okoljščine in gledati kako se delajo. Ker ne najdem nikjer nobene razlage, zakaj gre v vrtincih voda kvišku in megla vodi nasproti navzdoli, naj tukaj popišem, kaj je vzrok zračnih, meglenih in vodenih vrtincev.

Ogledavanje hudournega vrtinca pri Koblenci nam kaže, da ni pravega razložka med peščenim in med vodenim vrtincem. Nad reko se je spremenol vrtinec, mesto prahu in peska se je storil iz vodé. Poglejmo tedaj najpoprej kako se dela vrtinec iz peska in prahu.

V pristavljenej podobi naj pomeni AB zid, ki dela pri B kot z drugim zidom BC ; kadar vleče veter kakor strela a kaže, delajo se iz prahu v kotu vrtinci. Od začetka po meta veter prah nekaj napošev, bliže pa ko pride zidu BC , bolj zavrtava prah na okrog. Posebno rad se dela vrtinec, ako je zid BC pri C



odprt, kadar piše nasproti drug veter, kakor kaže stela *b*. Kakor hitro pa se zasučé pesek po vrtincu enekrate na okrog, raste mu moč, rad se vrti dalje, če veter koliko piše, pa tudi rad gre po vetru naprej. Močnejše ko piše veter, hitreje se suče pesek in prah po vrtinci, bolj se vzdiguje prah kvišku, viši in širji postaja vrtinec. —

Od začetka ko veter prah po tléh pometa, predno se vzdigne prah kvišku, suče se prah tako po tléh na okrog, kakor da bi obroč iz prahu po tléh plesal. Prah se razdeli po okrogu naokoli, v sredi vrtinca ni prahu viditi, da bi plesal, temveč prah beži iz srede, kakor da bi bil kdo pomel prah iz srede in ga razdelil na okrog.

Ogledovaje prašni vrtinec zapazimo dve znameniti stvari, prah beži iz srede in razdeli se po okrogu naokoli, močnejše pa ko veter pripihuje, hitreje se vrti prah zunaj po vrtinci na okrog, sreda vrtinčeva ali *os*, okoli ktere se vrti, pa ostane brez prahu.

Primerjaje podobo našega peščenega vrtinca z meglenim vrtincem, ki je spredaj popisan, spoznamo da je tudi med peščenim in meglenim vrtincem toliko enakih prikazkov, da ni najti pravega drugega razločka med njima, nego da je ta iz prahu, oni pa iz meglá, da je ta majhen oni pa velik. Rekli smo tankaj popisovaje megleni vrtinec: natanko se je ločila sreda ali vrtinčeva *os*, okoli ktere so sukale se meglé, viditi je bilo, kakor da bi bil vrtinec na sredi prazen in kakor da bi črne megle stoječe daleč okoli sukale se okoli njegove osi.

Med peščenim, vodenim in med meglenim vrtincem ni tedaj pravega drugega razločka, nego da je ta iz prahu, oni pa iz vodé ali pa iz meglá. Pri vsakem vrtinci pa hiti tvar, iz ktere je, iz srede ali osi, ter se vrti zunaj na okrog.

Vrtinec iz prahu pa, ko gre prek ceste, pomete jo in vzame prah vase, kakor bi ga otlina njegova okoli osi kvišku srkala. Ko pa pride vrtinec nad vodo, srka otlina njegova vodó, kakor je po cesti prah srkala, vzdiguje jo kvišku; iz peščenega vrtinca postane vodeni vrtinec. Tisto moč pa, ki jo ima spodnji konec vrtinčevi, ki gre po tléh, moč s ktero vleče, kar najde na tléh, v svojo otlino, ravno tisto moč ima vrtinec tudi više gori v svojem truplu, zato jemlje strehe raz hiš. Tista moč sega tedaj od tal gori, kakor daleč sega vrtinec kvišku.

Kakor na tléh vleče vrtinec prah in druge stvari v svojo otlino, enako vleče vase zgornji konec, ki sega v zrak. Ko tedaj o hudem vremenu megle nizko stojé, vrtinec pa po vetru visoko v zrak vzdiguje se, pride zgornji konec tako blizo megla, da jih vrtinec vase vleče navzdoli, ter napravi megli rep, ki sega vrtincu nasproti.

Kakor vođeni vrtinec meglo vase vleče, enako se godi onde, kjer se stori popred vrtinec iz meglá; megléni vrtinec, ki sega blizo tal nad vodo, vleče enako vodò vase ter jo vzdigne in napravi iz nje vrtinec, ki mu sega nasproti.

Zdaj ko spoznavamo, da obsega vsaktere vrtince enaka moč, ki suče njihova trupla okoli osi, da postaja okoli osi otlina, ki z močjo telesa vase vleče, treba je raskjasnovati tiste natorne ali fizikalne vzroke in okoljščine, od katerih dobivajo vrtinci otlino in moč, da votlina telesa tako mogočno vase vleče.

Fizika onde, kjer govori o vrtečem gibanji, nam razlaga, da telesa, ki se vrté naokrog, bežé od tistega kraja, krog kterege se vrté. Naprava, s katero se delajo skušnje ali eksperimenti od vrtečega gibanja, imenuje se „centrifugalna mašina“. Enako kakor se na kolovratu vrti vreteno okoli osi, vrté se s centrifugalno mašino telesa krog svoje osi.

Mislino si, da *os* z vretenom ne leži kakor na kolovratu, ampak da po konci stoji kakor preslica, spremenimo zdaj v mislih tudi perutnice v stekleno posodo in mislimo si mesto vretena v tej posodi nekaj vode, in pa nekaj živega srebra. Posoda naj bo spodaj ozka, zgoraj pa vse širja, okrogla in zaprta. Kadar vrtimo posodo krog osi, vrtita se voda in živo srebro tudi krog osi. Bolj ko vrtimo, bolj se voda vzdiguje od dna kvišku po stranéh steklene posode, v sredi pa prazen prostor postane okoli osi. Voda se vzdigaje do naj širjega dela ter se razdeli po posodi naokrog, kakor širok pas. Ako se vrti dosti močno, vzdiguje se tudi živo srebro od dna ter se poda v nar širji prostor in še bolj se pritisne posode in dela svoj pas krog in krog. Viditi je kakor da bi posoda znotraj imela obroče iz vodé in živega srebra.

V našej vrtečej posodi pa ni samo nekaj vodé in živega srebra, tudi zrak je v njej. Kar prostora ne vzameta voda in živo srebro, toliko je zraku notri. Zrak je pa tudi težko telo. Kakor voda in živo srebro, ko se vrtita krog osi, bežita od osi, enako hiti tudi zrak od osi, ter se pritiska ob stranéh v posodi. Na sredi

krog osi tedaj ni samo na videz otlina, ampak v resnici je ta otlina tudi prava otlina v tem pomenu, da je prostor krog osi, ki se nam vidi otel tudi prazen, ker mu še zrakú manjka.

V sredi otlina, ki jo delata vrteča voda in živo srebro, je tedaj prazen prostor, ker tudi zrak dela enako otlino. Zrak od osi beži, ter okoli osi prazen prostor ostane. — Ko pa posrkamo zrak iz kake cevi držé spodnji konec cevi v vodó, vzdigne se voda v cevi, da nam po cevi pride v usta. Zunajnji zrak, ki tišči na vodó, žene zdaj vodo v cev, ker smo posrkaje zrak v njej nekaj spraznoli. Kadar bi posrkali iz cevi ves zrak t. j. ko bi jo popolnoma izpraznoli, vzdignol bi zunajnji zrak vodo v njej blizo 32 črevljev visoko.

Kakor cev, ki je prazna in brez zrakú, vleče vodó vase, enako mora naša posoda vrteča se krog osi vase vleči, ker je prostor krog osi tudi v njej prazen. Ko bi mi tedaj med tem, ko delata voda in živo srebro pas okoli posode od spodaj deli nekaj prahú in peska vanjo, predno zunajnji zrak v otlino stopi, potem pa bi tekoj tudi zunajnji zrak vanjo spustili, videli bi dvojno prikazen: zunajnji zrak bi zagnal prah v otlino, kjer je prazen prostor, sčasoma pa bi prah tudi vrteti se jel krog osi, bežal bi na strani, vrtel se kakor po vrtinci med tem pa bi v sredi zopet postajala otlina in tudi prazen prostor, ko bi ga pritekujoči zunajnji zrak zmerom ne napolnoval.

Ko pa tako zunajnji zrak tem huje pritiska v otlino in jo hiti napolnovati stim večo močjo, čim hitreje se vrtinec vrti, bolj ko se dela otlina, tedaj ima vrtinec tim večo moč čim hitreje se suče.

Ako pogledamo nekaj bolj natanko našo vrtečo posodo primerjaje to kar vidimo v njej s hudournim vrtincem, spoznamo da ima vrtinec dvojno moč. Prva moč pride kakor smo ravno slišali od tod, da se krog osi prazen prostor dela ter zunajnji zrak noter pritiska, kakor da bi otlina vase vlekla. Druga moč pa je ona, ki dela prazen prostor in votlino krog osi. Ta moč je vzdignola v posodi vodó in živo srebro gori do naj širjega kraja ter je rodila moč, ki je razdelila vodo in živo srebro kakor pas okoli osi in pritiska ti telesi tako močno na notrajne strani, da niti voda niti živo srebro doli pasti ne more, akoravno ju zemlja vedno nase vleče. Ta moč žene tedaj telesa, ki se krog osi vrté, proč od osi. Po lastnosti ki jo imajo kapljine, da se rastekajo po posodah na dno, imela bi se voda, ki zdaj dela pas, razliti po stranéh in sto-

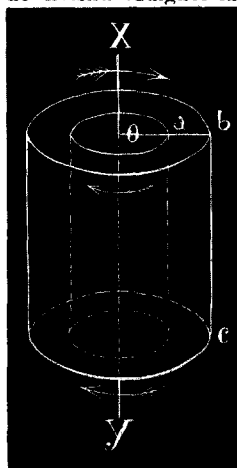
piti na dno posode. To se res zgodi, ko jenjujemo vrteti posodo, krog osi, viditi je, kakor da bi moč, ki dela pas vode in srebra, skušala goniti jih dalje na okrog, pa se tekoj vidi, da ta moč peša, ko jenjuje vrtenje. Ko jenjamo vrteti, potegnejo se pasovi niže in niže proti dnu posode, dokler se vse nepomiri in voda in živo srebro mirno na dnu stojita. — Kakor hitro pa moč mine, ki je gonila pasove krog osi, minejo pasovi in s pasovi mine tudi prazen prostor, ki se je s pasovi vred napravil. Naši moči ste tedaj v takej zvezi, da ena brez druge obstati ne more, in sicer je moč, ki dela vrtenje krog osi glavna moč, od nje delajo se pasovi in žnjimi vred otlina, ki še le potem prinese saboj drugo moč, ki vleče telesa v otlino.

Hudouren vrtinec ima tedaj dve glavni moči, po zunajnej strani je moč, ki obstoji v vrtenji; v sredi v otlini pa moč, ki telesa vase vleče. Ko pride vrtinec na pr. do kupu sená, razbrskuje ga na okrog kakor se suče, ko pa dalje gredé kup sená stoji v vrtinčevaj otlini, pahne ga zunajnji zrak kvišku v otlino, kakor da bi ga otlina kvišku vase potegnola. Ako pride močan hudouren vrtinec do slabe strehe, razsterga jo nekaj od kraja, kjer jo zadene, kakor bi se brusila ob veliko tekoče koló, ko pa stopi vrtinec ravno nad streho, ki je tako majhna, da ima prostor v velikej vrtinčevaj otlini, potegne jo otlina vase kvišku, ako ima vrtinec dosti moči, ter je viditi kakor bi veter streho kvišku vzdignol in saboj vzel.

Preračunovaje moči, s katero se vrtinec suče krog svoje osi in s katero vase vleče, mislimo si, da se vrti zračno koló krog osi XY, kakor kaže pristavljena podoba.

Notrajnji dosrednik oa imenujmo r , zunajnji ob pa R , to je $oa = r$, in $ob = R$. Postavimo $bc = h$. Po geometričnih ukih obsega zunajnja postranska plan $2R\pi \cdot h$, imenujmo jo F , ter je $F = 2R\pi \cdot h$. Črka π pomeni ludolfovo število in sicer $\pi = 3.14159$.

Zunajnja postranska plan, ko je še na miru, trpi od zunaj kot od znotraj enaki tlak od zraku.



Merili bomo vse množine po francozke meri. Francozka mera se opira na meter, ki ima 3·1635 avstrijskih črevljev. Meter meri dolgosti, kvadrameter plani, kubikmeter pa meri telesa.

Ako hočemo meriti tlak, ki ga trpi plan F od zraku, vze-mimo tlak, ki ga trpi en kvadrameter te plani $= p$, leta tlak znese $p = 10334$ kilogramov, vsak kilogram $= 1·786$ avstrijskih fun-tov. Zunajnja postranska plan trpi, ko se še ne vrti, od obeh strani tlak $D = p \cdot F$ kilogramov.

Ko pa veter zasučé zračno kolo krog osi, zbudi se tista moč, ki goni vrteča trupla proč od osi, to je moč, ki dela pri našej po-prejšnji skušnji pasove iz vodé in živega srebra. Ta moč goni od srede, krog ktere se vrti, ter jo bomo imenovali centrifugalno moč in zaznamnovali z črko φ . Matematična fizika uči meriti cen-trifugalno moč ter nam daje za mero $\varphi = \frac{Q \cdot c^2}{g\rho}$, kjer pomeni Q težo telesa, ki se vrti krog osi; c pomeni hitrost, s katero se vrti; ρ kako daleč od osi je težišče (Schwerpunkt) vrtečega telesa, in g pomeni koliko narašča hitrost padajočega telesa vsako sekundo, imenuje se g akceleracija in meri 8·91 metrov ali blizo 32 črevljev.

Glavna moč pa, ki goni zračno telo krog osi, meri se po tem kolikor more storiti dela. Q je teža vrtečega zraku, c hitrost s katero se vrti. Matematična fizika imenuje $\frac{Q \cdot c^2}{g}$ živo moč. Delo A , ki ga vtegne storiti leto telo, znaša pol žive moči, ter je $A = \frac{Q \cdot c^2}{2g}$. Živa moč je ona, s katero brusi in trga vrtinec tiste stvari, ki jih zadeva. Kadar je živa moč dosti velika, da more vzdigniti in nesti stvar, ki jo odtrga vertinčevo kolo, vzame vrtinec stvar saboj in jo nese po zraku kam drugam.

Vse prikazni hudournih vrtincev izhajajo iz njih žive in centrifugalne moči. Živa moč naznanja delo, delo pa imenu-jemo, da moč nosi kako težo nekaj pota naprej. Delo, ki ga stori moč, ko prenese *en* kilogram *en* meter daleč se imenuje *en* kilo-gram-meter. Delo se tedaj meri po kilogram-metrih. Centri-fugalna moč φ ne naznanja nobenega dela, ampak kaže samo s katero močjo se vleče vrteče telo proč od osi, meri se te-daj po kilogramih, kateri toliko tlačijo, kolikor tlači ta moč na strani.

Ko se zbudi od žive moči vrtečega zraku centrifugalna moč, ki tlači na strani, začenja se razširjati naše vrteče zračno kolo na strani, ker ga centrifugalna moč saksebi žene in sicer tako daleč, dokler se jej ne postavi od zunaj nasproti enako močna moč. Ko je bil zrak še na miru, je bil tlak na postransko zunajnjo plan $D = p. F$, zdaj pa je od znotraj večji tisk D_1 , obstoječi iz D in iz centrifugalne moči φ , ter zdaj $D_1 = D + \varphi$.

Ko je zrak na miru, trpi vsaka plan, naj bo na mestu, kjer si mislimo plan F ali pa dalj od osi, od obeh strani enak tlak od zrakú. Zdaj pa ko se zračno kolo krog osi suče, to ne velja več. Mislimo si da dela naše zračno koló cel vrtinec, ki sega od tal visoko kvišku ter tam, kjer gre k koncu, približuje se naša zunajnja plan P bolj in bolj k osi in se sklene od osi k strani nad vrtincem. Enako vtegne sklenoti se plan F na spodnjem konci, kadar se pri-godi, da vrtinec zemlje ne zadeva. To nam kaže, da v resnici zunajnja vrtinčeva plan vtegne zagrajati vrtinčevo truplo od vsih strani, naša podoba pa nam kaže samo kos tega trupla in kos te plani. Ker pa na vsih krajih, kjer se zrak vrti krog osi, od zno-traj sem od osi prihaja tlak večji nego od zunaj $D_1 > D$, ter ko plan F zagraja vso truplo, je tudi na vsih straneh znotrajnji pro-stor pred zunajnjim zrakom zaprt, akoravno moč, ki ga zapira, peša bliže osi ko pride plan F . Vtegne pa se tudi zgoditi, da plan F gre od zgor do spod v eno mer in da neha brez sklepanja, takrat je tedaj prostor krog osi na obeh konceh odprt, ter zunajnji zrak lahko vanj plane.

V namenu preračunati moč, ki se dela v vrtinčevoj otlini, si pa mislimo, da bi zunajnji zrak ne mogel nikjer planoti v notrajnji prostor krog osi; tam kjer je $D_1 > D$ se to tudi nikoli zgoditi ne more, drugače pa zna biti na koncéh osi.

Ko je od zunaj na postransko plan F tlak $D = p. F$, od zno-traj pa $D_1 = D + \varphi$, žene centrifugalna moč vrtinčevo truplo saksebi, dokler se jej ne postavi od zunaj nasproti enaka moč. Mislimo si da med tem, ko se razširja vrtinec, moč φ ostane stanovitna, in pra-šajmo, na kterej postranskej plani F_1 se najde v zraku od zu-naj sem tlak D_1 , do tiste plani F_1 se bo pri centrifugalnej moči φ razširjalo vrtinčevo truplo. Na plani, ki jo iščemo, mora tedaj biti

$$D_1 = D + \varphi \text{ ali } D_1 = p. F + \frac{Q. c^2}{g\rho}.$$

Ker je pa na tej plani F_1 tlak na sebi $D_1 = p \cdot F_1$ ter je tudi

$$p \cdot F_1 = p \cdot F + \frac{Q \cdot c^2}{g\rho} \text{ ali } F_1 = F + \frac{Q \cdot c^2}{pg\rho}.$$

Zunajnja plan, ki obsega vrtinčevo truplo po stranéh je tedaj narasla za

$$F_1 - F = \frac{Q \cdot c^2}{pg\rho}.$$

Prašanje: za koliko je narastel dosrednik R ali koliko znaša zdaj dosrednik R_1 zunajnje strani našega kolesa?

Kakor je $F = 2R\pi \cdot h$, enako je $F_1 = 2R_1\pi \cdot h$, tedaj je

$$R_1 = \frac{F}{2\pi h} \text{ ali } R_1 = \frac{F}{2\pi h} + \frac{Q \cdot c^2}{2\pi pgh\rho}.$$

Ker pa je $\frac{F}{2\pi h} = R$, tedaj je $R_1 = R + \frac{Q \cdot c^2}{2\pi pgh\rho}$.

Dosrednik zunajnje plani našega kolesa ali vrtinca je tedaj narastel za

$$R_1 - R = \frac{Q \cdot c^2}{2\pi pgh\rho}.$$

Prašanje: za koliko je pa narasel notranji prostor krog osi ali koliko se je storilo otlina?

Geometrija uči, da notrajnji prostor V pri dosredniku R meri $R^2\pi h$, pri dosredniku R_1 pa $V_1 = R_1^2\pi h$, tedaj je prostor krog osi narasel za

$$V_1 - V = \pi h (R_1^2 - R^2).$$

To pa velja

$$V_1 - V = \pi h \left[\left(R + \frac{Q \cdot c^2}{2\pi pgh\rho} \right)^2 - R^2 \right] = \pi h \left(\frac{RQc^2}{\pi pgh\rho} + \frac{Q^2 \cdot c^4}{4\pi^2 p^2 g^2 h^2 \rho^2} \right),$$

$$\text{ali } V_1 - V = \frac{RQc^2}{pg\rho} + \frac{Q^2 \cdot c^4}{4\pi h \cdot p^2 g^2 \rho^2}.$$

Ko bi zrak, ki je v miru, bil razdeljen po prostoru $V = R^2\pi h$, bi zdaj bil tudi v eno mero razdeljen po prostoru $V_1 = R_1^2\pi h$, bi njegova gostota $= \delta$ k gostoti prostega mirnega zraku, katero postavimo $= 1$, po Mariottéevem zakonu stala v razmeru

$$\delta : 1 = R^2 : R_1^2 = R^2 : \left(R + \frac{Q \cdot c^2}{2\pi pgh\rho} \right)^2,$$

njegova zdajnja gostota δ bi tedaj iznesla v narastenem notrajnem prostoru

$$\delta = \left(\frac{2\pi p g h \rho R}{2\pi p g h \rho R + Q c^2} \right)^2.$$

Po gostosti mirnega zraku pa se ravna njegov tlak na strani; pri gostosti $= 1$ imenovali smo tlak $= p$ na vsak kvadratmeter; imenujmo ga p' pri gostosti δ , ter je razmer

$$\delta: 1 = p': p \text{ ali } p' = \delta p.$$

Ker se je gostost zmanjšala in $\delta < 1$, je tudi $\delta p < p$, tedaj od zunaj zrak na vsak kvadratni meter ima $p - \delta p = p(1 - \delta)$ več moči nego znotraj. Zdaj, ko meri plan na konci $R_1^2 \pi$ kvadratnih metrov, bi od zunaj v votlino tiščal zrak z močjo $= R_1^2 \pi p(1 - \delta)$ kilogrammov. Toliko bi iznesla moč, s katero bi vrtinčeva otlina vase vlekla telesa, ko bi zrak v njej bil v miru in bi se ne vrtel kakor se vrti v zunajnjem kolesu.

V resnici pa zrak v notrajnem prostoru nemore ostati miren, ampak vse hitrije se vrti ves notrajnji zrak krog osi. Treba je tedaj spomniti se zgor omenjene skušnje, ki nas je učila, da se pri močnem vrtenji krog osi delajo pasovi iz notrajnjega telesa, pasovi, ki se vrté po postranski plani krog osi. Ko se tedaj ves notrajnji zrak močno po vrtinci vrti, zgine zrak od osi, pritisne se na zunajno postransko plan F_1 ter dela tam gosto vrteče kolo ali gost zračen pas. V sredi je tedaj $d = 0$, dokler od koncov sem zunajnji zrak noter ne pridere. Ker nevemo, kako debel je zračni pas, postavimo njegov notrajnji dosrednik $= x$, tedaj notrajnji prostor od osi do pasov znese $= x^2 \pi h$. Ker se vrtinec zdaj razširja po prostoru $V_1 = R_1^2 \pi h$, ostane za zračni pas prostor v

$$v = (R_1^2 - x^2) \pi h.$$

Prostor zračnega pasa v je na toliko manji od celega prostora V_1 , kolikor večja, je moč, ki tišči na pasove, od moči δp , ki meri tlak v prostoru V_1 ; moč pa, ki tišči na vsak kvadratni meter po pasovih, pa pride iz centrifugalne moči φ in iznese $\frac{\varphi}{F_1}$, tedaj je razmer

$$v: V_1 = \delta p: \frac{\varphi}{F_1}, \text{ tedaj je } v = V_1 F_1 \frac{\delta p}{\varphi}.$$

Vrednosti v morate enaki biti ter je

$$(R_1^2 - x^2) \pi h = V_1 F_1 \frac{\delta p}{\varphi} = 2\pi^2 h^2 R_1^3 \frac{\delta p}{\varphi};$$

tedaj meri izpraznjen prostor

$$V_1 - v = x^2 \pi \cdot h = R_1^2 \pi h \left(1 - 2\pi h R_1 \cdot \frac{\partial p}{\varphi} \right),$$

ali
$$V_1 - v = V_1 \left(1 - F_1 \cdot \frac{\partial p}{\varphi} \right).$$

Končna plan praznega prostora $x^2 \pi h$ meri $x^2 \pi$ kvadratnih metrov. Ker je v tem prostoru ali v otlini v pričetku $d = 0$, žene zunajnji zrak z vso svojo močjo, ki ima $= x^2 \pi \cdot p$ kilogramov, od zunaj notri v vrtinčevo otlino.

Imenujmo moč s katero vertičeva otlina vase vleče S , pa imamo

$$S = R_1^2 \pi p \left(1 - 2\pi h R_1 \cdot \frac{\partial p}{\varphi} \right) \text{ ali pa}$$

$$S = \frac{V_1 p}{h} \left(1 - F_1 \frac{\partial p}{\varphi} \right).$$

Vrtinec, ki ima centrifugalno moč $\varphi = \frac{Q c^2}{g \rho}$ napravil se je, ko je notrajnji prostor bil V , zunanja postranska plan F . Prašaje s katero močjo vrtinec vase vleče, moramo poiskati S iz zneskov V in F . Ako pišemo φ mesto $\frac{Q c^2}{g \rho}$, da bo krajše, imamo po prejšnjem računu

$$V_1 = V + \frac{R}{p} \cdot \varphi + \frac{1}{4\pi h p^2} \cdot \varphi^2, \text{ ali pa}$$

$$V_1 = V + \frac{\varphi}{p} \left(R + \frac{\varphi}{4\pi h p} \right);$$

$$F_1 = F + \frac{\varphi}{p}; \text{ in pa}$$

$$\delta = \left(\frac{2\pi p h R}{2\pi p h R + \varphi} \right)^2 \text{ ali pa}$$

$$\delta = \left(\frac{p F}{p F + \varphi} \right)^2.$$

Ako porabimo te vrednosti za V_1 , F_1 in δ , dobimo zakon po katerem se izračunava moč S , s katero vrtinec vase vleče namreč:

$$S = \left\{ \frac{p V}{h} + \frac{\varphi}{h} \left(R + \frac{\varphi}{4\pi h p} \right) \right\} \cdot \left\{ 1 - \left(F + \frac{\varphi}{p} \right) \cdot \frac{p}{\varphi} \cdot \left(\frac{p F}{p F + \varphi} \right)^2 \right\}$$

ali pa

$$S = \left\{ \frac{p V}{h} + \frac{\varphi}{h} \left(R + \frac{\varphi}{4\pi h p} \right) \right\} \cdot \left[1 - \frac{(p F)^2}{\varphi (p F + \varphi)} \right].$$

Spomnimo se, da je $V = R^2\pi h$, ter imamo $\frac{V}{h} = R^2\pi$, ki pomeni končno plan, na katero zunajnji zrak v otlino tišči. Kaj pa pomeni $\frac{\varphi}{h}$? Rekli smo, da h se meri po metrih; h pomeni pa višino vrtinčeve, tedaj pomeni $\frac{\varphi}{h}$ ono centrifugalno moč, ki jo ima vrtinčevi pas, ki je samo en meter visok. Imenujmo φ_1 centrifugalno moč za vsak meter višine, ter je $\varphi_1 = \frac{\varphi}{h}$. Imeli smo dalje $F = 2R\pi h$, tedaj je

$$\frac{(pF)^2}{\varphi(pF + \varphi)} = \frac{(2\pi pRh)^2}{\varphi(2\pi pRh + \varphi)} = \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)}.$$

Postavimo v obliko za S imenovane vrednosti, pa imamo

$$S = \left\{ p \cdot R^2\pi + \varphi_1 \left(R + \frac{\varphi_1}{4\pi p} \right) \right\} \cdot \left\{ 1 - \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)} \right\}, \text{ ali pa}$$

$$S = \pi p \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p} \right)^2 \cdot \left\{ 1 - \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)} \right\}.$$

Prostor v za zračne vrteče pasove pomeni

$$v = (R^2 - x^2) \pi h = \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p} \right)^2 \pi h - x^2 \pi h;$$

$$\text{ker pa je } x^2 \pi p = S \text{ je } x^2 \pi h = \frac{Sh}{p}, \text{ tedaj}$$

$$v = \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p} \right)^2 \cdot \pi h - \frac{Sh}{p}.$$

Ako postavimo mesto S zgoraj stoječo vrednost njegovo, pa imamo

$$v = \pi h \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p} \right)^2 \cdot \left\{ \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)} \right\}$$

to je prostor, kolikor ga vzamejo zračni pasovi, ki obdajajo vrtinčevo otlino, ki z močjo S vase vleče.

Notrajnji prazni prostor ali otlina od osi do pasov pa meri

$$V_1 - v = x^2 \pi h = \frac{Sh}{p}, \text{ tedaj}$$

$$V_1 - v = \pi h \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p} \right)^2 \cdot \left\{ 1 - \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)} \right\}.$$

Dosrednik x praznega prostora ima tedaj vrednost

$$x = \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p}\right) \cdot \sqrt{1 - \frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1(2\pi p R + \varphi_1)}}.$$

Oblika za x ima po matematičnem uku samo takrat veljavo ter se dela prazen prostor samo takrat, kadar je

$$1 > \frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1(2\pi p R + \varphi_1)},$$

kadar pa bi bila vrednost

$$\frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1(2\pi p R + \varphi_1)} = 1$$

bi bil $x = 0$ in pa tudi $S = 0$, kakor se iz njegove oblike vidi.

Prvi pogoj nam kaže, da se dela prazen prostor, kadar je vsaj

$$\varphi_1(2\pi p R + \varphi_1) > (2\pi p R)^2 \text{ ali}$$

$$\frac{\varphi_1 p}{2\pi R} + \frac{\varphi_1^2}{(2\pi R)^2} > p^2$$

Spomnimo se, da φ_1 pomeni centrifugalno moč, ki jo ima vrtninčevi pas, ki je samo *en* meter visok. Zunajnja širokost tega pasa pa meri $2R\pi$ metrov, tedaj je $\frac{\varphi_1}{2R\pi} = \varphi_2$ centrifugalna moč, ki tišči vsak kvadratni meter zunajnje vrtninčeve plati. Tedaj imamo pogoj

$$p\varphi_2 + \varphi_2^2 > p^2.$$

V tej obliki spoznamo razmer, v katerem stojite centrifugalna moč in moč zunajnjega zračnega tlaka takrat, kadar se dela v vrtnincu otlina. Ker se otlina ne more delati, kadar bi bil razmer

$$p\varphi_2 + \varphi_2^2 < p^2, \text{ in ker že mine otlina ko je}$$

$$p\varphi_2 + \varphi_2^2 = p^2,$$

nam pravi zadnja enačba koliko iznese tista centrifugalna moč φ_2 , ktera sicer še ne more delati otlina pa je vendar že tako velika, da se dela otlina, ko ta centrifugalna moč večja postaja. Imenujmo to vrednost mejo centrifugalne moči. Zadnja enačba daje vrednost na meji

$$\varphi_2 = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + p^2} = -\frac{p}{2} \pm \frac{p}{2} \sqrt{5} \text{ ali}$$

$$\varphi_2 = -\frac{p}{2} + 2.236 \cdot \frac{p}{2} = 0.618p.$$

Ako se hoče vrtninčeva otlina delati mora tedaj $\varphi_2 > 0.618p$ biti.

Ker se pogoj ozira na centrifugalno moč φ_2 , ki zadeva na vsak kvadratni meter, postavimo φ_2 v zadnjo obliko za S , to je

$$\varphi_1 = 2R\pi \cdot \varphi_2 \text{ in } \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1 (2\pi pR + \varphi_1)} = \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2^2}, \text{ ter je}$$

$$S = R^2\pi p \left(1 + \frac{\varphi_2}{p}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2^2}\right),$$

to je vrednost moči, s katero vrtinčeva otlina vase vleče, ako je $\varphi_2 > 0.618p$.

Obrnimo se zdaj k določevanju centrifugalne moči φ_2 . Imeli smo

$$\varphi_2 = \frac{Q_1 \cdot c^2}{g\rho}, \text{ tedaj } \varphi_1 = \frac{Q_1 \cdot c^2}{g\rho},$$

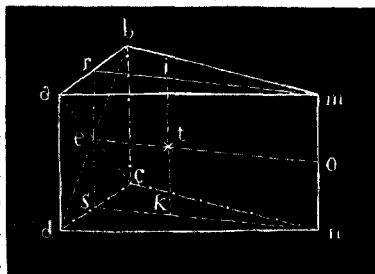
kjer pomeui Q_1 težo zračno v vrtinčevem prostoru, ki je en meter visok in ima $R^2\pi$ kubičnih metrov. Vsak kubični meter zraku ima navadno 1.293 kilogramov teže; tedaj je $Q_1 = 1.293\pi R^2$ kilogramov. Hitrost c meri se po metrih kakor tudi ρ , in akceleracija ima $g = 9.81$ metrov. Ker je

$$\varphi_1 = 2R\pi \cdot \varphi_2 = \frac{Q_1 c^2}{g\rho} \text{ kilogramov, bo}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q_1 c^2}{2\pi R \cdot g\rho} = \frac{1.293\pi R^2 \cdot c^2}{2\pi R g\rho} = 0.0659 \cdot \frac{R c^2}{\rho}.$$

Kaj pa je ρ , ali koliko metrov daleč od osi je težišče ti-stega vrtečega zraku $\frac{Q_1}{2\pi R}$, ki dela centrifugalno moč φ_2 ? Treba

je spomniti se, da je φ_1 centrifugalna moč, ki jo ima vrtinčevi pas ki je en meter visok in $2R\pi$ metrov v obsegu meri; ako iz zunajuje plani, ki meri $2R\pi$ kvadratnih metrov, vzamemo samo en kvadrameter $abcd$ trpi ta kvadratni meter od centrifugalne moči tlak $= \varphi_2$. Zrak od katerega prihaja centrifugalna moč φ_1 ima težo $Q_1 = 1.293\pi R^2$ kilogramov, to je teža zračnega kolesa, ki je en meter debelo in $2R\pi$ kvadratnih metrov v zunajnjem obsežniku meri. Ako razdelimo prostor tega kolesa na $2R\pi$ enakih kosov, ima vsak kos enako



klinasto podobo $abcdmn$ in zrak, ki ga ima vsak kos v sebi ima težo $\frac{Q_1}{2R\pi} = \frac{1.293\pi R^1}{2\pi R}$. Klin $abcdmn$ ima tedaj isto zračno truplo, katero krog osi se vrté dela centrifugalno moč φ_2 ; mn je en meter dolg konec osi.

Iskaje ρ moramo poiskati kraj osi tega klina kjer ima njegova teža svoj sedež, to je njegovo težišče. Težišče končne plani $abcd$, ki je kvadratni meter, je v točki e kjer se presekujete diagonalni ac in bd . Vzemimo $mo = \frac{mn}{2}$ in pa svezimo s črto e in o , gre črta eo skozi težišče tega klina, ker ko bi vštric $z abcd$ končne plani eno za drugo proč porezoval, bi vsaka nova plan spet imela težišče v črti eo , tedaj mora težišče vsih vkup tudi v tej črti ležati. Poglejmo zdaj truplo od strani abm , Trivoglasta stran abm ima težišče v točki i v črti rm , ako $ar = \frac{ab}{2}$ in $im = \frac{2}{3} rm$. Kakor tukaj tudi v enakej trivoglastej plani cdn leži težišče v točki k in sicer je $kn = \frac{2}{3} ns$. Ker pa ste plani abm in cdn kongruentni, je $im = kn$. Zvežimo i in k s črto ik , leži težišče tudi v ik , ter ko bi odrezoval plani vštric abm , vse bi bile kongruentne in imele bi težišče enako daleč od osi, in črta ik je res vštric osi mn .

Ker je težišče klinovo v obeh črtah eo in ik , te dve v edinej plani $rmns$ ena drugo presekujete v točki t , mora klinovo težišče ležati v točki t ; in sicer je $ot = \frac{2}{3} eo$. Ker pa je $eo = R$, je $ot = \frac{2}{3} R$ daleč od osi. Oddaljenost tega težišča pa je ρ , ki jo iščemo, tedaj je $\rho = \frac{2}{3} R$, dokler je zrak razprostrten enakomerno po vsem notrajnem prostoru. Med močnim vrtenjem pa žene centrifugalna moč zrak od osi in ga pritiska ob stransko plan $abcd$, onda je $\rho > \frac{2}{3} R$. Dokler preiskavamo množine na tistej meji kjer se še le začinja delati prazen prostor, smemo tedaj postavljati $\rho = \frac{2}{3} R$.

Postavimo tedaj v zadnjej vrednosti, ki smo jo dobili za φ_2 , vrednost za ρ , pa je

$$\varphi_2 = 0.0659 \cdot \frac{Rc^2}{\frac{2}{3} R} = 0.09885 \cdot c^1.$$

Ker mora $\varphi_2 > 0.618p$ biti, da se dela otlina, mora biti tudi

$$\begin{aligned} 0.09885 \, c^2 &> 0.618p \text{ ali} \\ 0.1599 \, c^2 &> p, && \text{skoraj} \\ 0.16 \, c^2 &> p, && \text{tedaj} \\ 0.4 \, c &> \sqrt{p} \text{ ali} \\ c &> \frac{5}{2} \sqrt{p}. \end{aligned}$$

Vzemimo, kakor smo pred pri φ_2 storili, tudi tukaj za hitrost c , s katero se suče, spodnjo mejo, to je: hitrost, pri kateri se š ne dela otlina, pa bi se delala, ko bi ta hitrost nekaj večja postala; ta hitrost je

$$c = \frac{5}{2} \sqrt{p} = \frac{5}{2} \sqrt{10334} = \frac{5}{2} \times 101.6 = 254 \text{ metrov.}$$

To če reči: da vrtinec pred ne dela take otlina, ki bi z močjo S vase vlekla, dokler nima težišče vrtečega zraka ali zračnih pasov hitrosti, ki je večji od 254 metrov. Da se otlina, ki vase vleče, stori, mora vsak del zračnega kolesa storiti vsako sekundo pot dolgo 254 metrov ali 803.5 črevljev. To je tako silna hitrost, da bi skoraj rekli, da je ni velikokrat najti pri vrtincih; tedaj vrtinec, ki se močno suče je v resnici hudouren vrtinec. Poglejmo, kolikrat vsako sekundo se zasučejo pasovi takega hudournega vrtinca krog osi. Imenujmo z število zasukov vsake sekunde, $2R\pi$ pa obseg pasov ali pot, ki jo pri vsakem zasuku store, ter je vrednost z na njegovej spodnji meji

$$z = 254 : 2R\pi = \frac{40.4}{R},$$

pri hudournem vrtinci pa, ki dela otlino, da vase vleče, mora še večkrat zasukati se vsako sekundo kraj osi, to je z mora biti

$$z > \frac{40.4}{R}.$$

Vzemimo v izgled, da bi bil dosrednik zračnih ali meglenih pasov $R = 10$ metrov, ter bi se vrtinec vsako sekundo več kot 4krat krog osi zasukati moral, da bi dobil otlino z močjo S .

Kakor silna se nam zdi spodnja meja tirjane hitrosti c , vendar število zasukov vsako sekundo ni večje, nego se nahaja v hudournih vrtincih, temveč pripovedujejo gledalci, da so šeli v meglenih hudournih vrtincih od 20 do 30 in še več zasukov vsako sekundo.

V izgled vzemimo $z = 20$ zasukov in prašajmo, s katero hitrostjo c se sučejo megle v meglenem vrtinci, ki ima $R = 5$ metrov. Zgoraj smo videli da je

$$z = \frac{C}{2R\pi} \text{ tedaj } c = z \cdot 2R\pi,$$

ter tukaj $c = 20 \times 2 \times 5 \times 3.14159 = 628.3$ metrov.

V tem meglenem vrtinci bi se tedaj megle v resnici s hitrostjo 628 metrov sukale, to je $628 : 254 = 2.47$ krat hitrije, nego se mora po našem računu vrteti, predno se začne delati otlina.

Ako se razmere našega za izgled vrtečega vrtinca primerjajo resnici, smemo reči, da se nahajajo pri hudournih vrtincih še veliko večje hitrosti, nego jih tirja naš račun za one vrtince, ki vase vlečejo.

V namenu poiskati števila za moči kakega hudournega vrtinca, ki dela v sebi otlino, ki vase vleče, postavimo kakor tirja račun $\varphi_2 > 0.618p$ in sicer $\varphi_2 = 2p$. Ker pa je tudi $\varphi_2 = 0.09885.c^2$ blizu $= 0.1.c^2$, imamo

$$\begin{aligned} 2p &= 0.1.c^2 \quad \text{ali} \\ 20 \times 10334 &= c^2, \quad \text{tedaj} \end{aligned}$$

se v tem vrtinci sučejo zračni pasovi krog osi s hitrostjo

$$c = \sqrt{206680} = 454.62.$$

Ako je zrak, iz katerega obstoji naš vrtinec jel 10 metrov naokrog sukati se, je $R = 10$. Zrak tega vrtinca, kar ga je med zunajno en meter visoko in $2R\pi$ metrov široko vrtinčevo planjo, meri $R^2\pi.1$ kvadratmetrov, tedaj ima težo $Q_1 = 1.293R^2\pi$ kilogramov in sicer $Q_1 = 1.293 \times 100 \times 3.14159 = 406.2$. Tedaj teža zraka, od katerega se dela φ_2 je $\frac{Q_1}{2R\pi} = \frac{1.293}{2} R = 6.465$ kilogramov. Ta števila nam pomagajo, da izvemo po prejšnjih oblikah, s katero močjo naš vrtinec vase vleče, in koliko dela da morejo storiti njegovi vrteči pasovi.

Bila je moč, s katero vrtinec vase vleče

$$S = R^2\pi p \left(1 + \frac{\varphi_2}{p}\right)^2 \left(1 - \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2^2}\right).$$

Tukaj pa je $R^2\pi p = 100 \times 3.14159 \times 10334 = 3246519$,

$$\left(1 + \frac{\varphi_2}{p}\right)^2 = \left(1 + \frac{2p}{p}\right)^2 = 3^2 = 9,$$

$$\left(1 - \frac{p^2}{p_2^2 + \frac{1}{2}p^2}\right) = \left(1 - \frac{p^2}{2p^2 + 4p^2}\right) = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}.$$

Tedaj $S = 9 \times \frac{5}{6} \times 3246519 = 24348892$ kilogramov.

Mislino si, da je veter gnal naš vrtinec nad vodo, bodi si reka ali jezero, in da se nad vodo stoječi vrtinec tako močno po vetru zasučje, da postane $\varphi_2 = 2p$, onda vidimo, da vrtinčeva otlina, ki se ravna ob dotiki z vodo, vleče vodo z grozno močjo vase kvišku gori poleg vrtinčeve osi. Pomislino, da vsak kubikmeter vode ima 1000 kilogramov teže, imenujmo K število kubikmetrov vode, ki jo vzdigne ta vrtinec, pa je

$$K = 24348892 : 1000 = 24348.892 \text{ kubikmetrov.}$$

Notrajnji prazni prostor ali votlina, ki to vodo vase vleče, pa meri

$$x^2\pi h = \frac{Sh}{p}, \text{ postavimo za } S \text{ kilograme, pa je}$$

$$x^2\pi h = \frac{24348892}{10334} \cdot h = 2356.2h \text{ kubikmetrov.}$$

Na vsak meter visokosti ima tedaj otlina 2356 kubikmetrov. Ko bi vzdignjena voda to otlino od spod gori popolnoma napolnila, vzdignola bi se v vrtinci do višine H

$$H = 24348 : 2356 = 10.3 \text{ metrov ali } 32.5 \text{ črvljev.}$$

Zdaj bi imel gledalec pred saboj vodeni vrtinec, ki je do 32 črvljev visok. Ker zračni tlak v popolnoma praznem prostoru ne more vodé višje vzdignoti, nego 10.334 metrov visoko, tedaj se v nobenem hudournem vrtinci vodeni stebler višje od 32.58 črvljev vzdignoti ne more. Ni mi pa znano, kako visoki vodeni stebri se prikazujejo. Ako se prikažejo višji vodeni stebri v natori, ne morejo biti v otlini polni stebri, ampak vodene cevi, ki stopijo na mestu zračnih pasov in se verté z zrakom vred okoli osi. — Okoli tega vodenega stebra ali korena, ki sega v otlino zračnega vrtinca, si pa moremo misliti, da se sučejo zračni pasovi.

To, kar smo spredaj rekli od vrtincev, da se spremené eden v drugega razjasni se tukaj, kako se to v resnici godi. V resnici se utegne spremenoti vrtinec ali pa vodé vase potegniti; na videz pa je videti, kakor bi se spremenol.

Končna stran ali okrožna plan te otlina meri

$$x^2\pi = 2356 \text{ kvadratmetrov, ter je}$$

$$x^2 = 2356 : 3.14 = 750, \text{ tedaj}$$

$$x = \sqrt{750} = 27.3 \text{ metrov.}$$

V notrajnej otlini bi tedaj imelo pohištvo prostor, ki meri na dolgost $2 \times 27 = 54$ metrov. Ako bi tedaj naš vrtnec nad pohištvo stopil, ko se otlina napravi, pahnol bi zunajni zrak z močjo, ki je večja od 24 milijonov kilogramov, streho raz hiše kvišku v vrtničevo otlino. — Ker pa vrtnec, ki ga veter močno naprej žene, ne stoji navpik, ampak napošev, je tudi otlina njegova nagnjena napošev, tedaj zažene moč S streho napošev kvišku, ter bi streha letela po zraku, kakor ako mi kaj enacega napošev kvišku vržemo, ko bi jo ne zgrabila nova moč, ko pride v vrtničeve pasove.

Predno končamo, ozrimo se še po onej moči, ki jo imajo vrtničevi pasovi v sebi. Glavna ali prva moč, ki vrti zračne pasove krog osi, meri se po tem, kolikor more storiti dela. Prašajmo tedaj: koliko iznese njena živa moč. Polovica žive moči je delo, ki ga storiti utegne. Poiskati hočemo živo moč, ki jo innajo vrteči se vrtničevi pasovi na vsak meter visokosti. Ako je Q_1 teža in c hitrost zraka v pasovih, onda je njihova živa moč M kakor smo spredaj omenoli

$$M = \frac{Q_1 c^2}{g}, \text{ in}$$

$$\text{njihovo delo} \quad A = \frac{Q_1 c^2}{2g},$$

ako pomeni g akceleracijo, ki iznaša 9.81 metrov.

Premerimo to živo moč v našem vrtinci, ter inamo $Q_1 = 406$ kilogramov in $c = 454$ metrov, tedaj

$$\text{živa moč} \quad M = \frac{406 \times 454^2}{9.81} = 8532425, \text{ tedaj}$$

$$\text{je delo} \quad A = 4266212.5 \text{ kilogram-metrov.}$$

Naš vrtnec ima tedaj v vrtečih se zračnih pasovih toliko žive moči, da več kot 4 milijone kilogram-metrov dela storiti zamore. Z drugimi besedami se to pravi: pasovi zračnega vrtinca zamorejo več kot 42 tisoč kilogramov teže nesti 100 metrov daleč; ali pa več kot 4200 kilogramov 1000 metrov daleč i. t. d.

Ako je stvar, ki pride v vrtničeve pasove h metrov visoka, ne dela vrtnec samo z močjo, ki smo jo za vsak meter višine dobili, ampak z močjo, ki jo ima v pasovih, ki segajo h metrov visoko. Tedaj utegne vrtnec zdaj storiti h krat večje delo, to je

$$A^1 = h \cdot \frac{Q_1 c^2}{2g}, \text{ ali v našem izgledu}$$

$$A^1 = h \cdot 4266212 \text{ kilogram-metrov.}$$

Delo, ki ga utegne storiti hudouren vrtinec, je tedaj tako veliko, da lahko lomi in podira pohištva in da težke stvari, ki jih je otlina vase potegnola, lahko prenese po zraku na drug kraj.