

The background of the slide is a faded, sepia-toned image of Leonardo da Vinci's sketches. It features various diagrams of chemical apparatuses, including retorts, flasks, and complex piping systems. Some sketches are labeled with numbers like '30' and '183'. There are also handwritten notes in Leonardo's characteristic mirror-image script interspersed among the drawings.

# **“Leonardo inatteso: forni, alambicchi, ricette chimiche”**

**Andrea Bernardoni**

Isituto Italiano di Storia della Scienza, Museo Galileo

Bologna, Convegno della divisione di didattica chimica , 02-12-2019

“Io non voglio mancare di ridire le parole che io sentii dire al Re di lui, le quali disse a me, presente il cardinal di Ferrara e il cardinal di Lorena e il re di Navarra; disse che non credeva mai che altro uomo fusse nato al mondo che sapesse tanto quanto Leonardo, non tanto di scultura, pittura e architettura, quanto che egli era grandizissimo Filosofo”.

Benvenuto Cellini *Trattato sull'architettura*



# I manoscritti di Leonardo costituiscono un unicum per la storia della tecnologia



Leonardo è l'unico artista-  
ingegnere ad averci lasciato  
oltre 6000 fogli manoscritti e  
si stima che molti taccuini  
siano andati perduti.

La maggior parte di questi  
manoscritti è dedicata a studi  
tecnico-ingegneristici di:

- meccanica
- idraulica
- metallurgia e tecniche di fusione
- ingegneria delle macchine

# Il lavoro pionieristico di Ladislao Reti



GLI STUDI DI L. RETI SULLA CHIMICA DI LEONARDO

N.	Denominazione Leonardica	Denominaz. moderna	Formula	Manoscritto ove si menziona
1	Aceto, a. forte, a. stillato	Acido acetico	$CH_3COOH$	Atl. 76 v. a, 214 r. c, 248 r. a; Ms. B 30 v.; Ms. G 96 v.; Ms. C 13 v.; Ms. F 96 r.; Ms. K 114 r., 117 v.; Arund. 170 r.; Triv. 19 r.; Ash. 2037, 7 v.
2	Acqua forte	Acido nitrico	$HNO_3$	Atl. 76 v. a, 235 r. b, 244 v. b; Ms. L 2 r.; Forst. III 39 v.
3	Acqua forte	Acqua regia, miscela d'acido nitrico e cloridrico	$HNO_3$ $HCl$	Atl. 244 v. b
4	Acqua rosa	Acqua di rose distillata	—	Atl. 295 r. a
5	Acqua stillata	Acqua distillata	$H_2O$	Triv. 18 v.
6	Acquavite, acqua arzente	Alcool	$C_2H_5OH$	Atl. 12 r. a, 71 v. a, 76 v. a; Ms. B 2 v., 30 v.; Ms. A 1 r.; Ms. C 15 v.; Ms. K 117 v.; Ms. L 4 v.; Forst. I 43 r., 44 v.; Leic. 28 r.; Triv. 19 r.
	Albume, vedi Chiara d'uovo			
7	Allume, allume di roca	Allume potassico	$KAl_3(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Atl. 244 v. b; W. 12347 v.
8	Allume iamene	Allume ustio	$KAl_3(SO_4)_2$	W. 12347; Ms. C 15 v.
9	Allume scisso	Amianto	—	W. 12347
10	Allume splumie	Amianto	—	Forst. III 35 r.
11	Aloe	Resina d'aloce	—	Ms. F 96 v.
12	Amido	Amido	$(C_6H_{12}O_6)_{11}$	Atl. 214 r. c
13	Argento, ariento	Argento	$Ag$	Atl. 214 r. c, 244 v. b; Arund. 198 v.
14	Argento vivo, mercurio	Mercurio	$Hg$	Atl. 76 v., 79 r. b; Ms. A 36 v.; An. B 28 v.; Arund. 191 v.

GLI STUDI DI L. RETI SULLA CHIMICA DI LEONARDO

N.	Denominazione Leonardica	Denominaz. moderna	Formula	Manoscritto
1	Aceto, a. forte, a. stillato	Acido acetico	$CH_3COOH$	Atl. 76 v. a, 214 r. c, 248 r. a; Ms. B 30 v.; Ms. G 96 v.; Ms. C 13 v.; Ms. F 96 r.; Arund. 170 r.; Triv. 19 r.; Ash. 2037.
2	Acqua forte	Acido nitrico	$HNO_3$	Atl. 76 v. a, 235 r. b; Ms. L 2 r.; Forst. III 39 v.
3	Acqua forte	Acqua regia, miscela d'acido nitrico e cloridrico	$HNO_3$ $HCl$	Atl. 244 v. b
4	Acqua rosa	Acqua di rose distillata	—	Atl. 295 r. a
5	Acqua stillata	Acqua distillata	$H_2O$	Triv. 18 v.
6	Acquavite, acqua arzente	Alcool	$C_2H_5OH$	Atl. 12 r. a, 71 v. a, 76 v. a; Ms. B 2 v., 30 v.; Ms. A 1 r.; Ms. C 15 v.; Ms. K 117 v.; Ms. L 4 v.; Forst. I 43 r., 44 v.; Leic. 28 r.; Triv. 19 r.
	Albume, vedi Chiara d'uovo			
7	Allume, allume di roca	Allume potassico	$KAl_3(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Atl. 244 v. b; W. 12347 v.
8	Allume iamene	Allume ustio	$KAl_3(SO_4)_2$	W. 12347; Ms. C 15 v.
9	Allume scisso	Amianto	—	W. 12347
10	Allume splumie	Amianto	—	Forst. III 35 r.
11	Aloe	Resina d'aloce	—	Ms. F 96 v.
12	Amido	Amido	$(C_6H_{12}O_6)_{11}$	Atl. 214 r. c
13	Argento, ariento	Argento	$Ag$	Atl. 214 r. c, 244 v. b; Arund. 198 v.
14	Argento vivo, mercurio	Mercurio	$Hg$	Atl. 76 v., 79 r. b; Ms. A 36 v.; An. B 28 v.; Arund. 191 v.

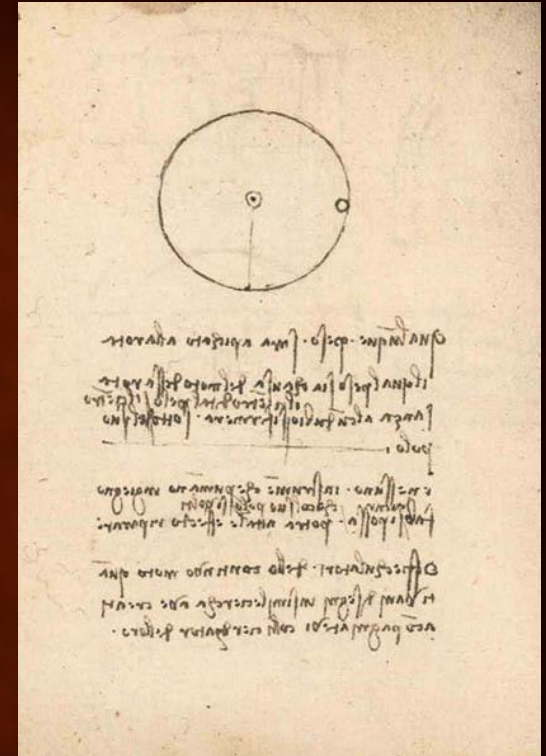
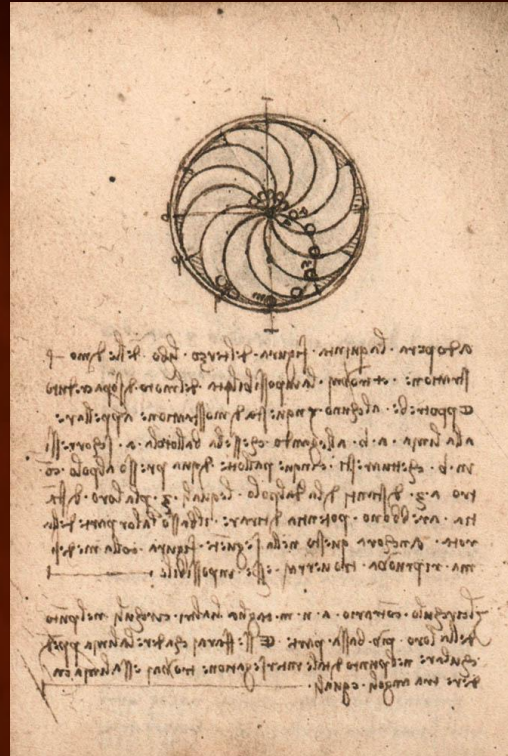
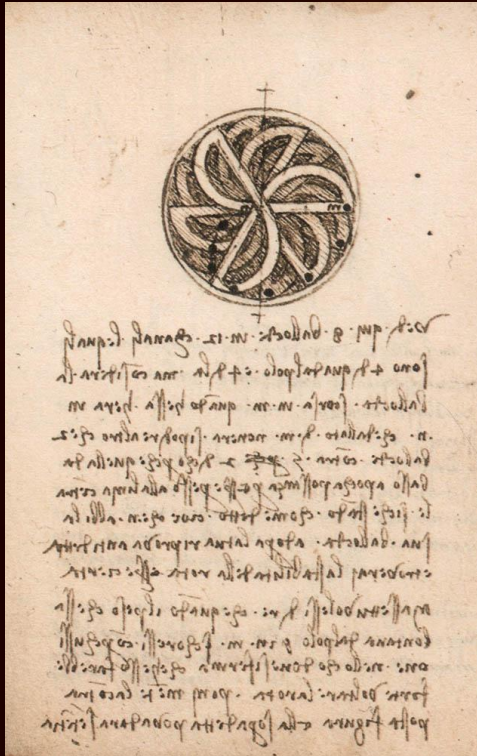
# Il monito contro gli alchimisti

Perché la natura sol s'astende alla produzion de' semplici, ma l'omo con tali semplici, produce infiniti composti ma **non ha potestà di creare nessun semplice se non un altro se medesimo**, cioè li sua figlioli [...] E di questo mi saran testimoni li vecchi archimisti, li quali mai, o caso o con volontaria sperienza, s'abatterono a creare la minima cosa che crear si possa da essa natura.

RL 19045v



# Leonardo e gli Alchimisti



f. 92v “Qualunque peso sarà appiccato alla rota, il qual peso sia causa del moto dessa ruota, senza alcun dubbio il centro di tal peso si fermerà sotto il centro del suo polo; e nessun strumento che per ingegno fabbricar si possa che col suo polo si volti potrà a tale effetto riparare

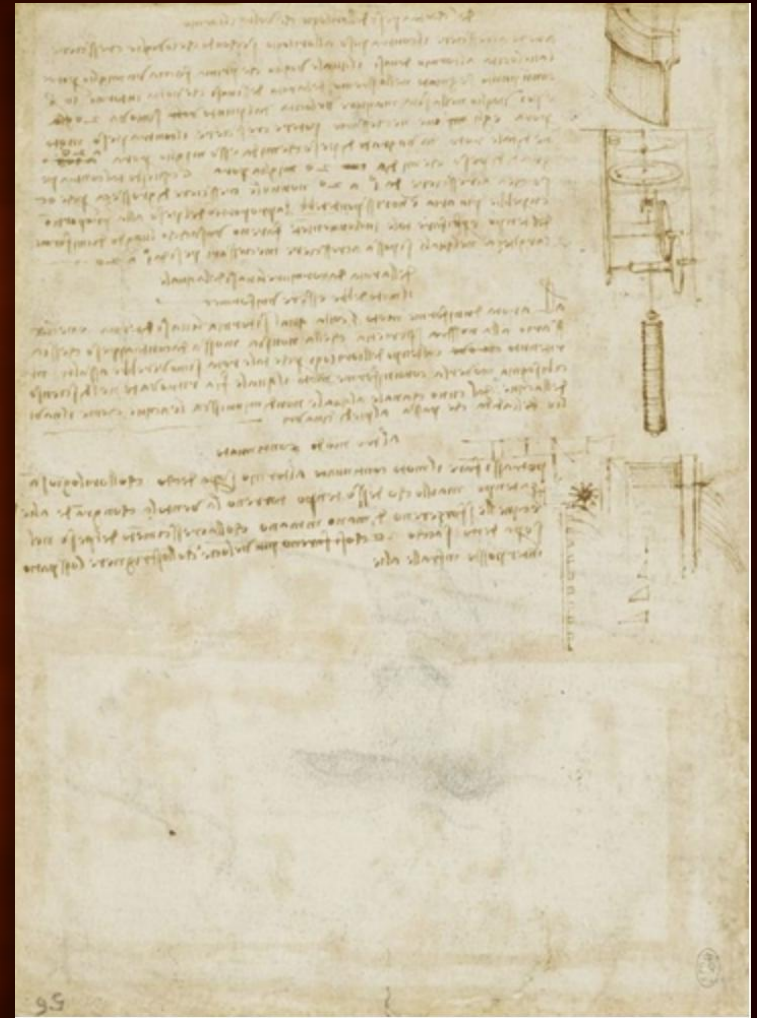
O speculatori dello continuo moto, quanti vano disegni in simile cerca ave' creati!  
Accompagnatevi con li cercator dell'oro

Leonardo si cimenta nella sperimentazione chimica, cercando ricette di colori e vernici nei ricettari, ma anche sperimentandoli nelle proprie opere con risultati talvolta negativi



# La ricerca chimica

*“Allora si debbe avere **il vetro pannichulato damme inventionato** e chon chiara d’ovo e altro lichore vischioso e ttrasparente si debbe apichare tal uetro»*



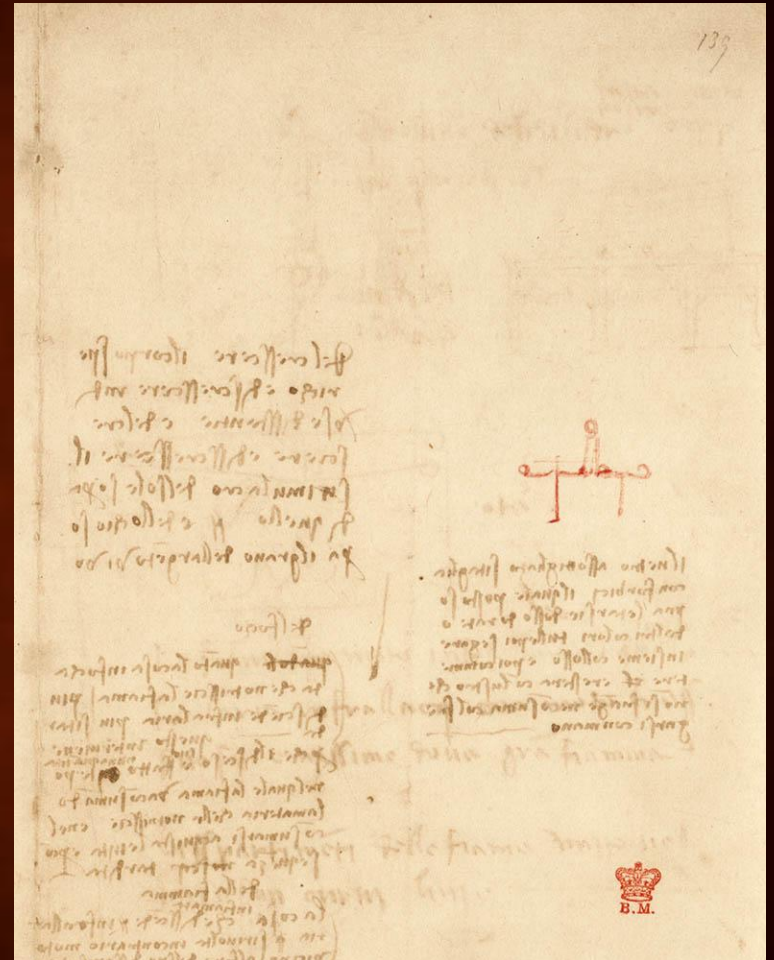
RL 12667v (1509-1510)



# La ricerca chimica

“El vetro assottigliato si taglia con forbici, il quale posto sopra le tarsie d'osso dorate o d'altri colori, tu lle poi segare insieme coll'osso e poi commetere, e resterà con lustro che non si frange né consuma col fregarsi con mano»

Codice Arundel P 138r : F 139r,  
(1506-1508)

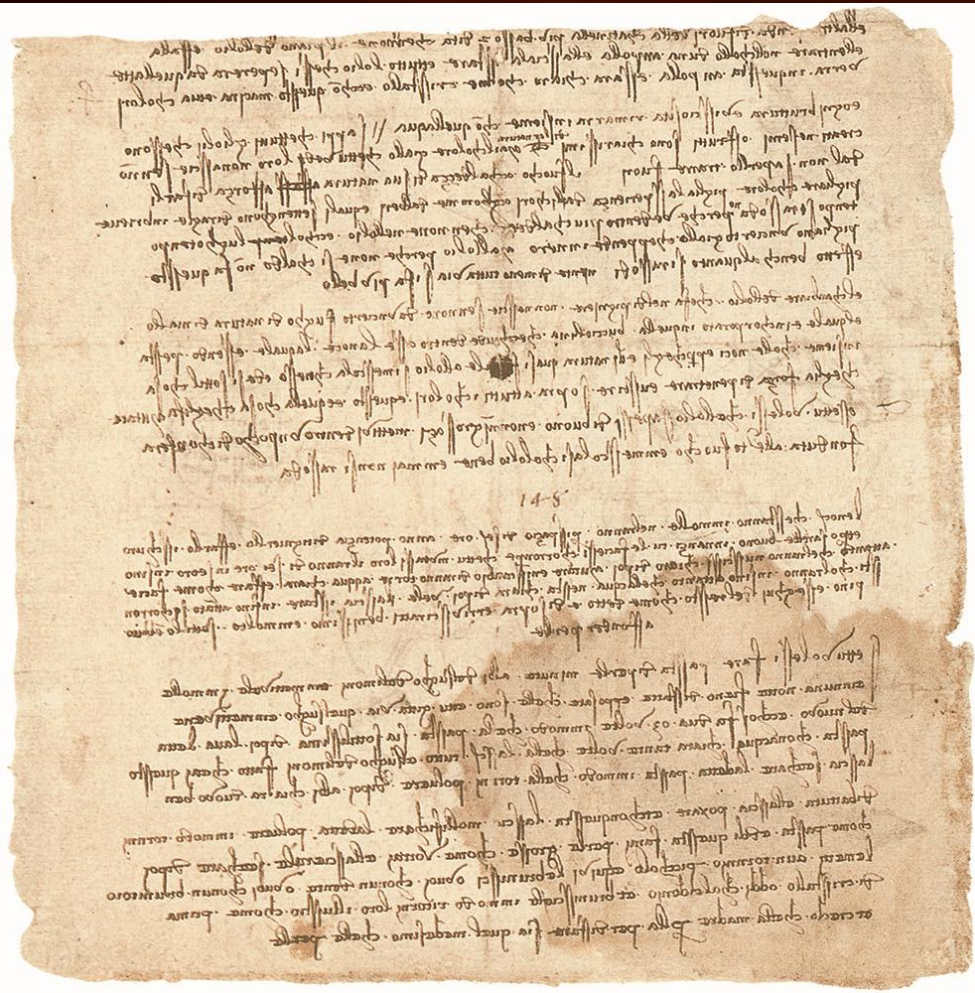


# Ricette di oli per dipingere

se tu volessi che l'olio sapessi di buono e non ingrossassi, mettivi dentro un poco di canfera fonduta a lento fuoco, e mescolasi coll'olio bene, e mai non si rassoda.

Le noci, che stanno in molle nel ranno per ispazio di sei ore, hanno potenza di tignerlo e farlo iscuero; epperò<sup>1)</sup> sarebbe buono, innanzi tu le facessi corrompere, che tu mutassi loro il ranno di sei ore in se[i] ore, insino a tanto che 'l ranno n'uscissi chiaro. Di poi mutare, e 'n iscambio di ranno torre acqua chiara e fare come facesti col ranno, insino a tanto che l'acqua n'esca chiara.

Di poi ve le lascia istare infino a tanto si corrompino, e segui del resto come detto è di sopra, e riusciratti benissimo e molto sottile e buo[no].

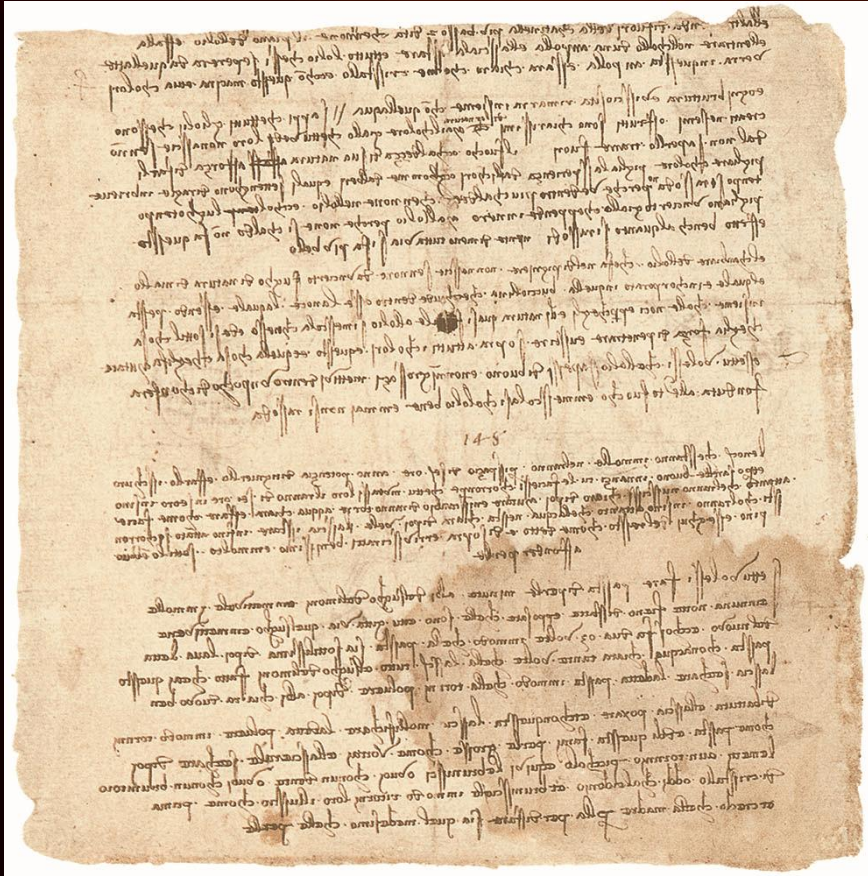


CA 304v Data 1480

# Fabbricare perle sintetiche

A fonder perle.

Se tu volessi fare pasta di perle minute, abbi del sugo de' limoni e mettile in molle e in una notte fieno disfatte. E posate ch'elle sono, e tu gitta via quel sugo e mettivene del nuovo, e cos[ì] fa dua o 3 volte in modo che la pasta sia sottilissima. Di poi lava detta pasta con acqua chiara tante volte, ch'ella lasci tutto el sugo de' limoni. Fatto che hai questo, lascia seccare la detta pasta, in modo ch'ella torni polvere. Di poi abbi chiara d'uovo ben dibattuta e lascia posare. E con questa lascia mollificare la detta polvere, in modo torni come pasta; e di questa farai perle grosse come vorrai e lascerale seccare. Dipoi le metti a un tornio piccolo e quivi le brunisci, o vuoi con un dente, o vuoi con un brunitoio di cristallo o di calcidonio. E bruniscile in modo ritorni loro il lustro come prima. E credo che la madreperla per disfare sia quel medesimo che le perle.



# Ricette cosmetiche

Odori.

Togli acque arzente e mettivi di qualunque odore tu vuoi. Ella lo riserba e tiello in sé.

Odori

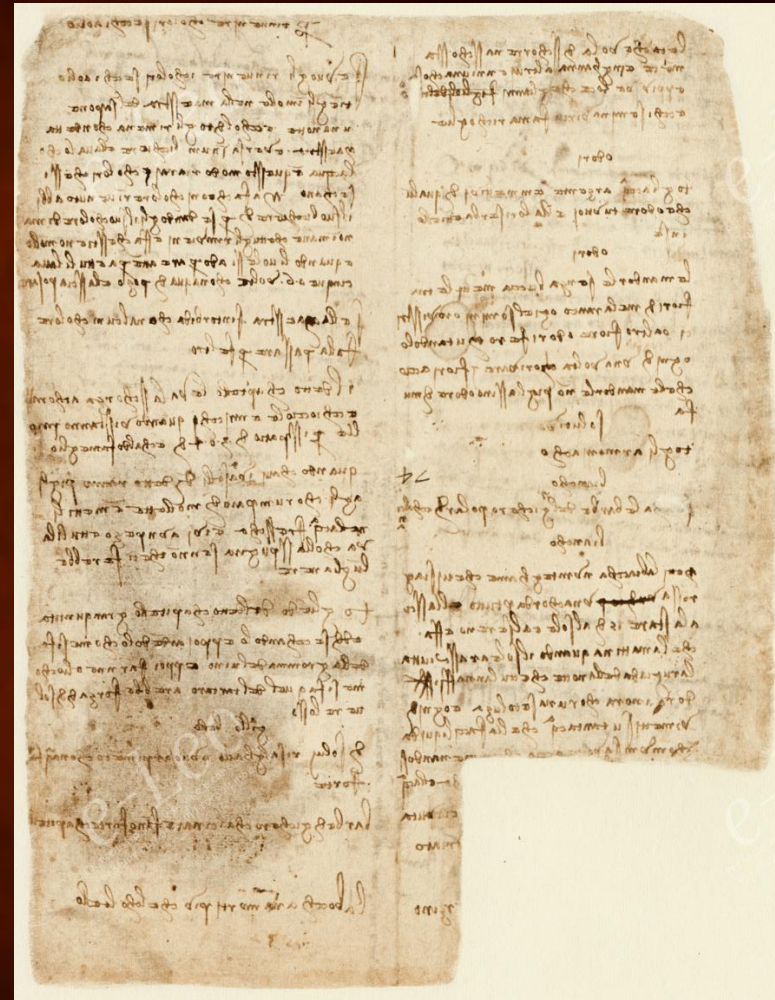
Le mandorle senza buccia mettile tra fiori di melarancio o gelsomini o rovratrici o altro fiore odorifero, mutandolo ogni dì una volta co' ri[nno]vare i fiori acciò che le mandorle non pigliassino odore di muffa.

Solutivo.

Togli armoniaco.

Bianco.

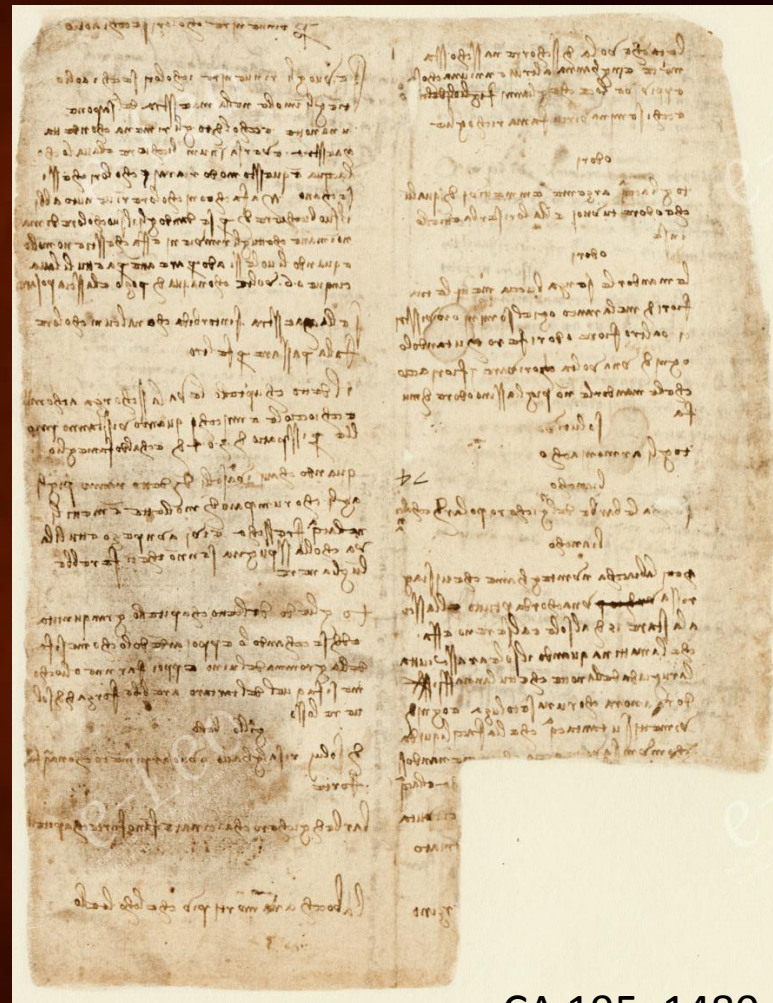
Metti la biacca 'n un tegame, che vi sia grossa una corda per tutto e lasciala stare 15 dì al sole e al sereno, e fa che la mattina, quando il sole ha rasciutta la rugiada della notte, che tu l'annaffi d'ora in ora cor una setoluzza; e ogni dì vi metti su tant'acqua che la facci liquida com'un sapore<sup>3</sup>), acciò che rimenandosi ...



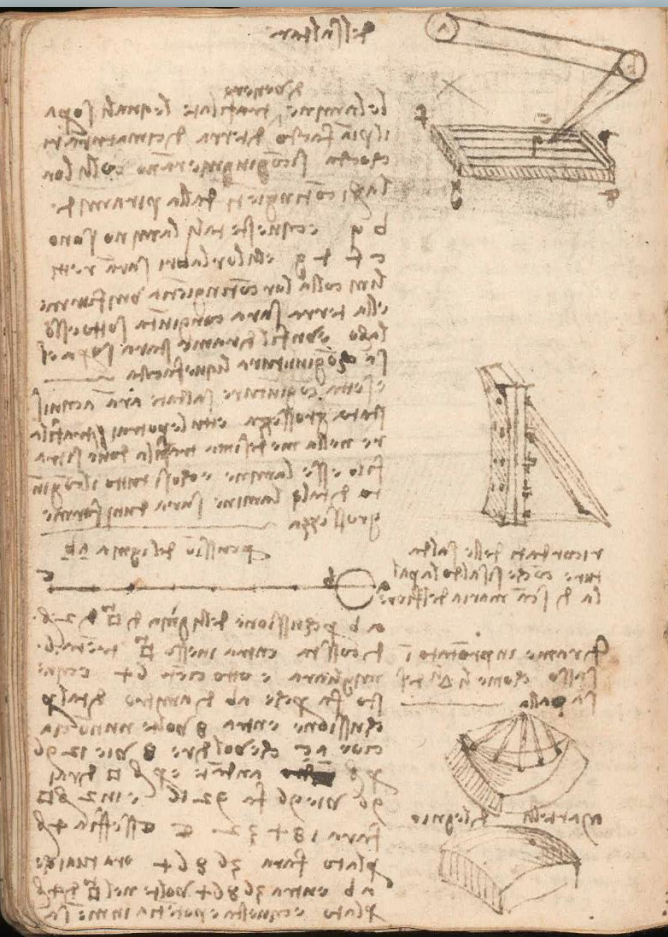
CA 195, 1480

# Ricette di Solventi

Per rinvenire colori secchi a olio. Se vuoi rinvenire i colori secchi a olio, ti ngli in molle nella maestra del sapone<sup>4</sup>) una notte e col dito gli rimena con detta maestra e versa in un bicchiere e lavallo coll'acqua e 'n questo modo riarai i colori che si seccano. Ma fa che onni colore rinvenuto abbi il suo bicchiere di per sé dandogli il suo colore di mano in mano che tu gli rinvieni, e fa che stieno [a] mollo, e quando li volessi adoperare a tempera, e tu li lava cinque o 6 volte con acqua di pozzo e lascia posare. Se la maestra s'intorbida con alcun colore, falla passare per feltro. Il detto capitello leva la scorza a coralli e chiocciole e nicchi, quando vi stanno in molle per ispazio di tre o quattro dì; e caldo fa meglio.

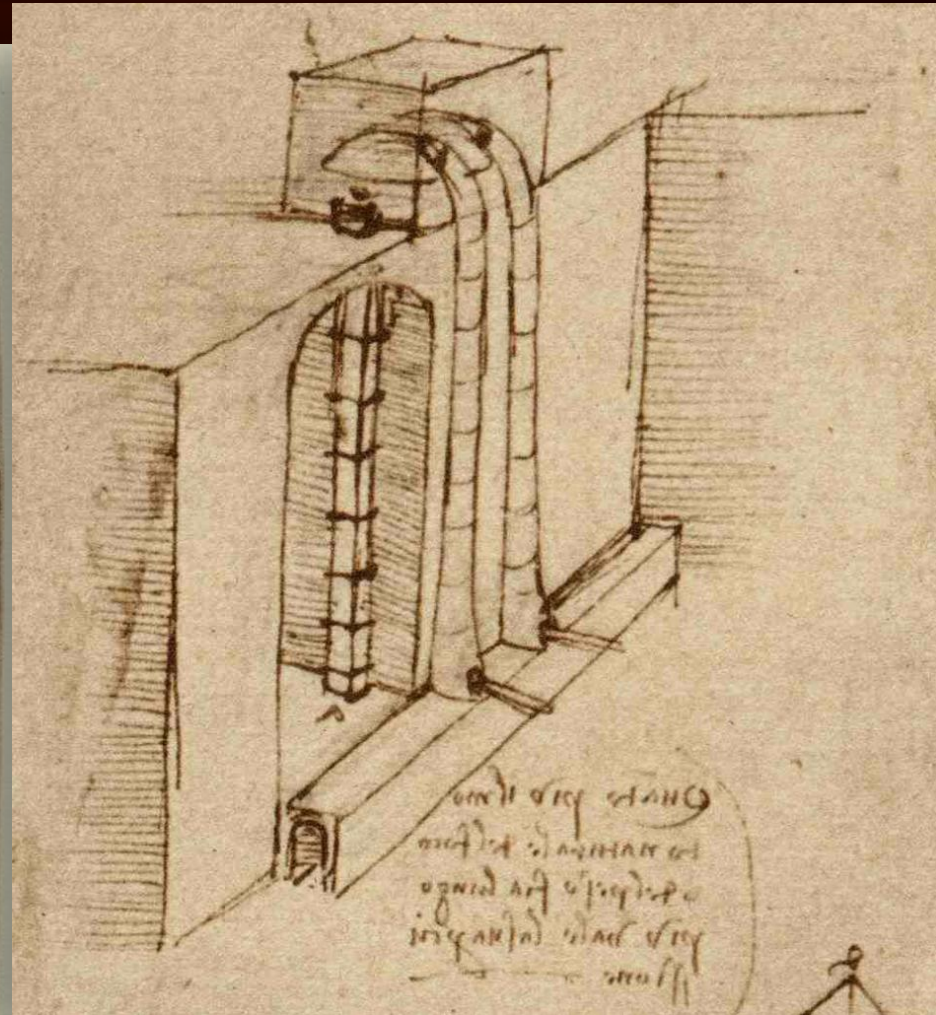
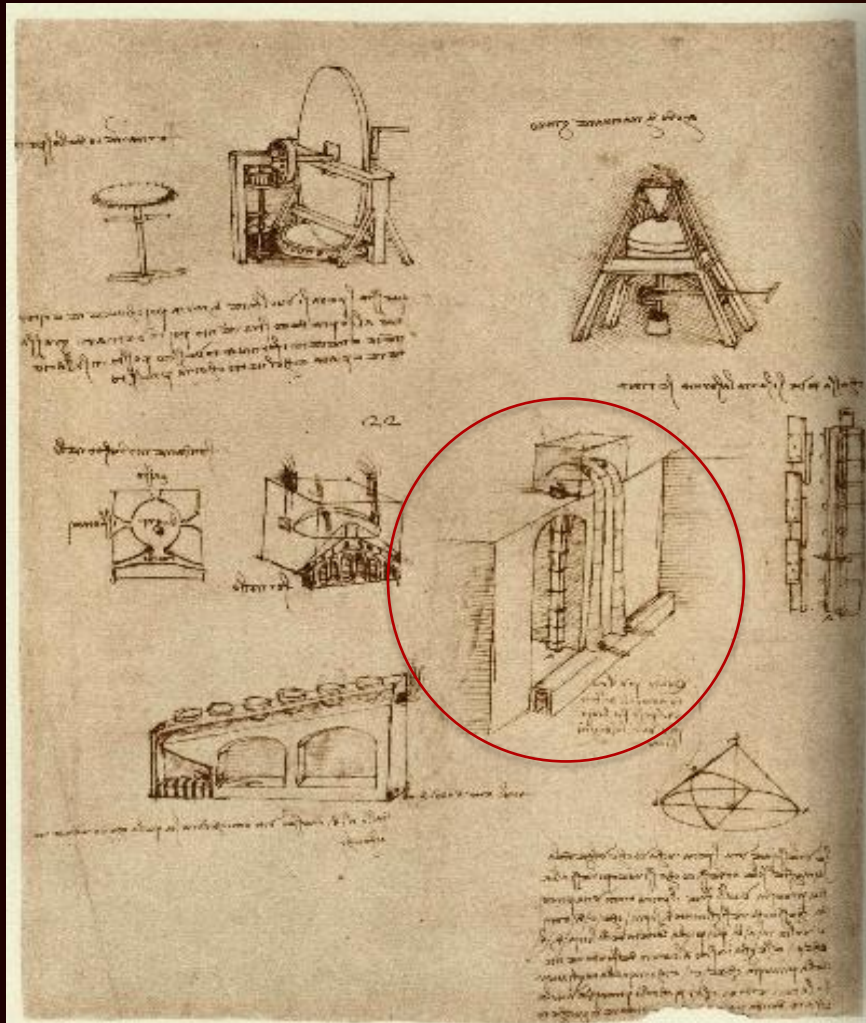


CA 195, 1480



Ricordati delle saldature con che si  
saldò la palla di Santa Maria del  
Fiore.  
Di rame improntato in sasso come  
li triangoli dessa palla

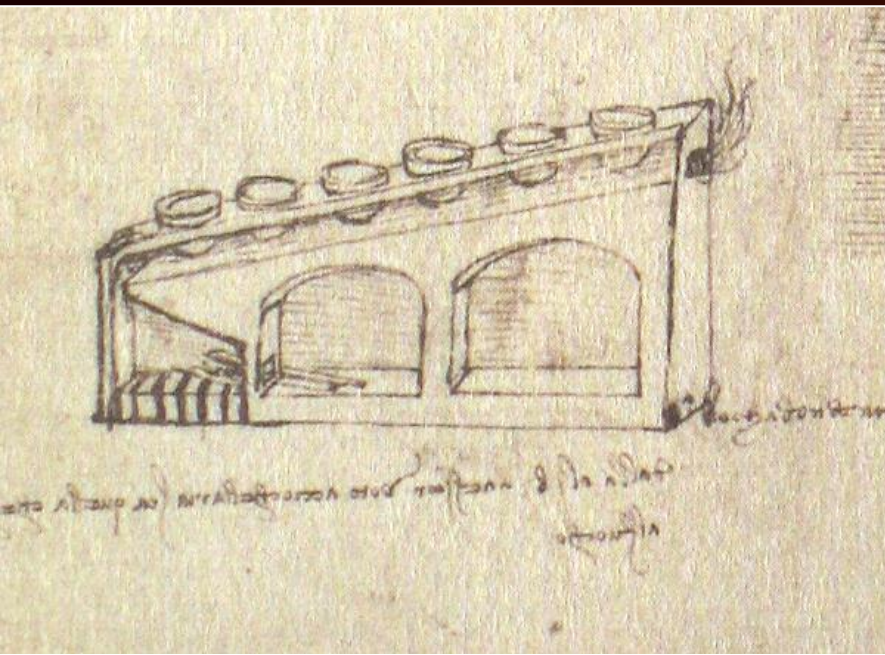
# Teoria ed esperienza



"quanto più il moto naturale del foco o del peso sia lungo, più vale la sua percussione"

Codice Atlantico, f.87r

# Fornello a circolazione d'aria per oli e vernici



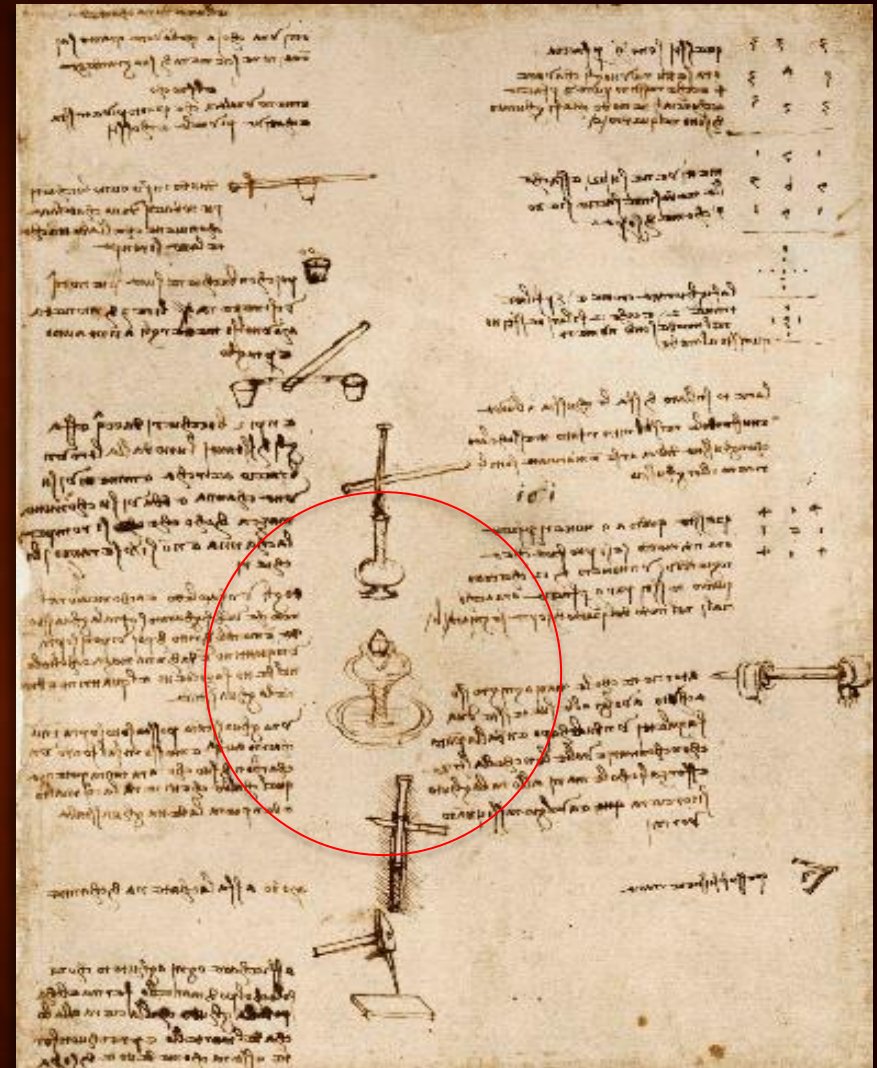
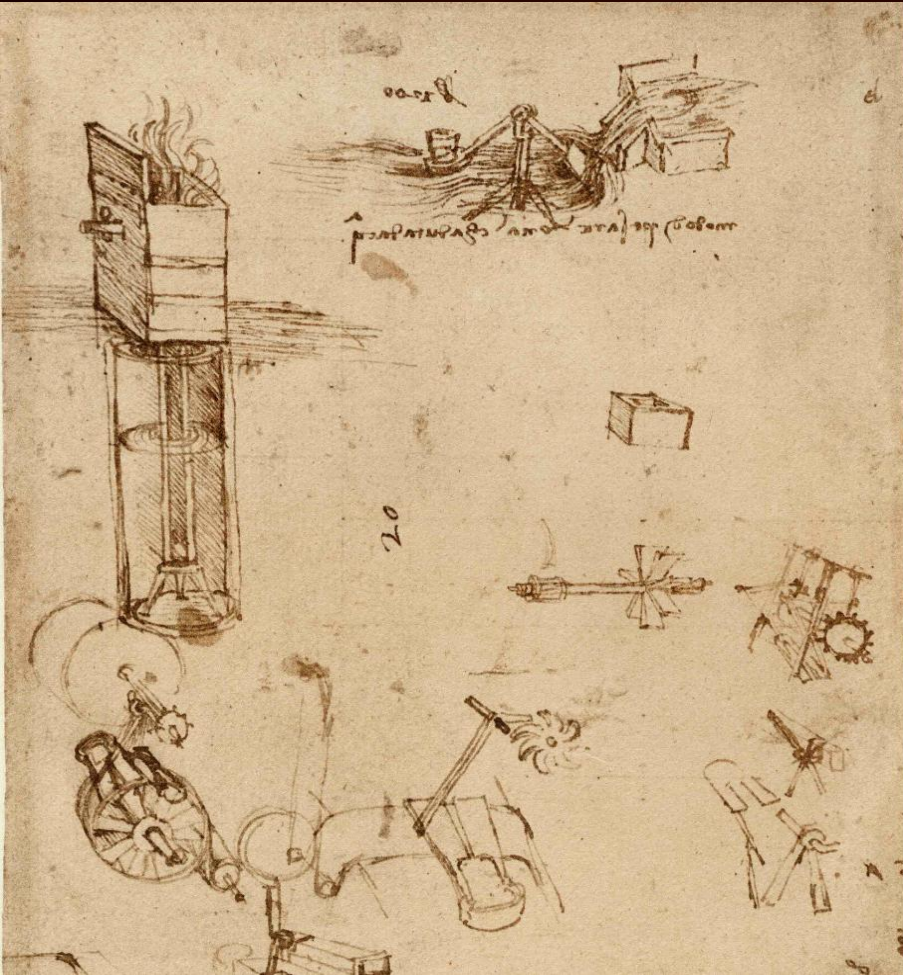
Bocca dond'entra l'aria.

Dall'*a* al *b* ha a esser voto acciò che l'aria sia quella che dia movimento al fuoco. (CA 87r)

Fa' un fornello e fa' una buca tonda, che questa pignatta vi stia commessa a punto, che 'l fuoco non possa di sopra; perché il fuoco v'andrebbe volentieri, e metteresti a pericolo l'olio, e anche di bruciare la casa



# Tradizione e innovazione

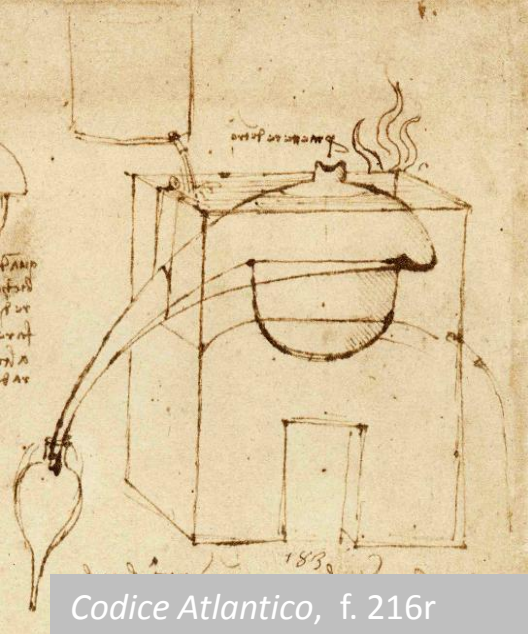
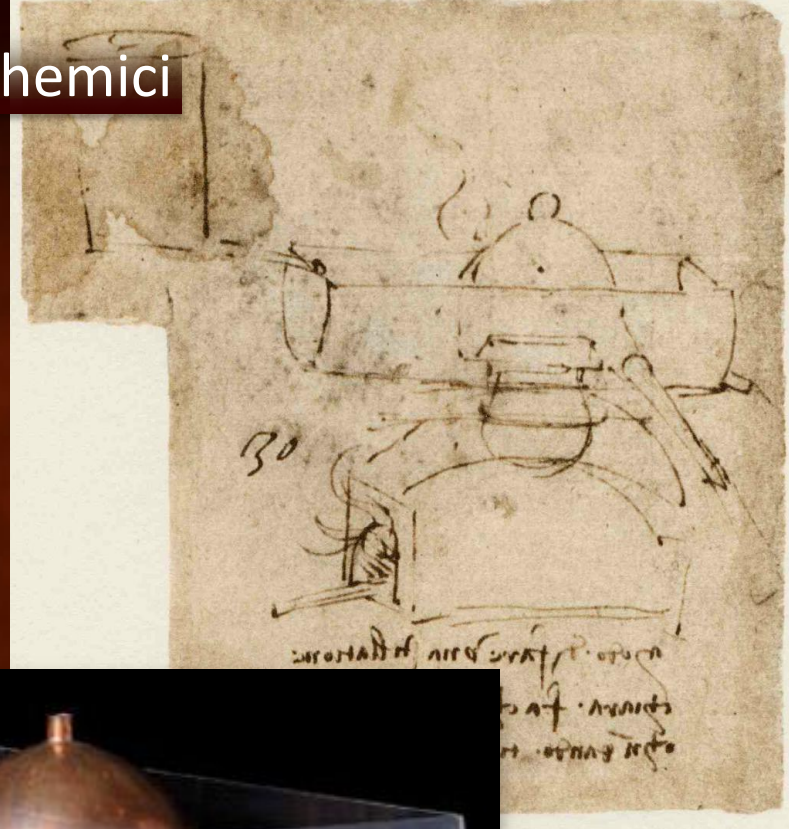


Una guastada posta sottosopra in un catino d'acqua, e messo in sul fondo un carbon di fuoco, arà tanta potenza quel caldo che tirerà l'acqua in alto ed empierà la detta guastada

# Apparati chimico-alchemici



Codice Atlantico, f. 1114ar



Codice Atlantico, f. 216r



Codice Atlantico, f. 989r

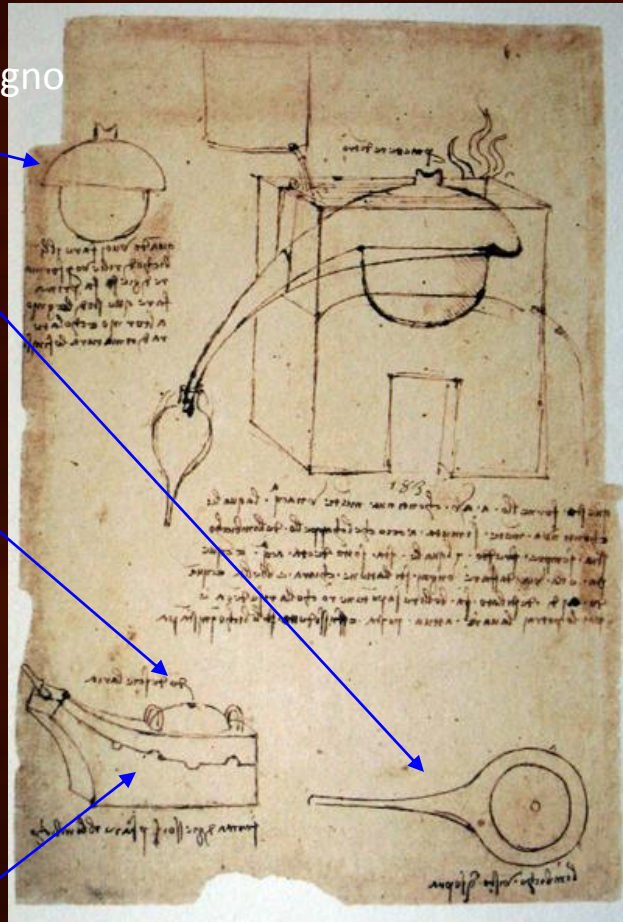
# Costruzione e pulizia dell'alambicco

Modello  
dell'alambicco in legno

sfiatatoio

Canale di  
colata

Forma di fusione

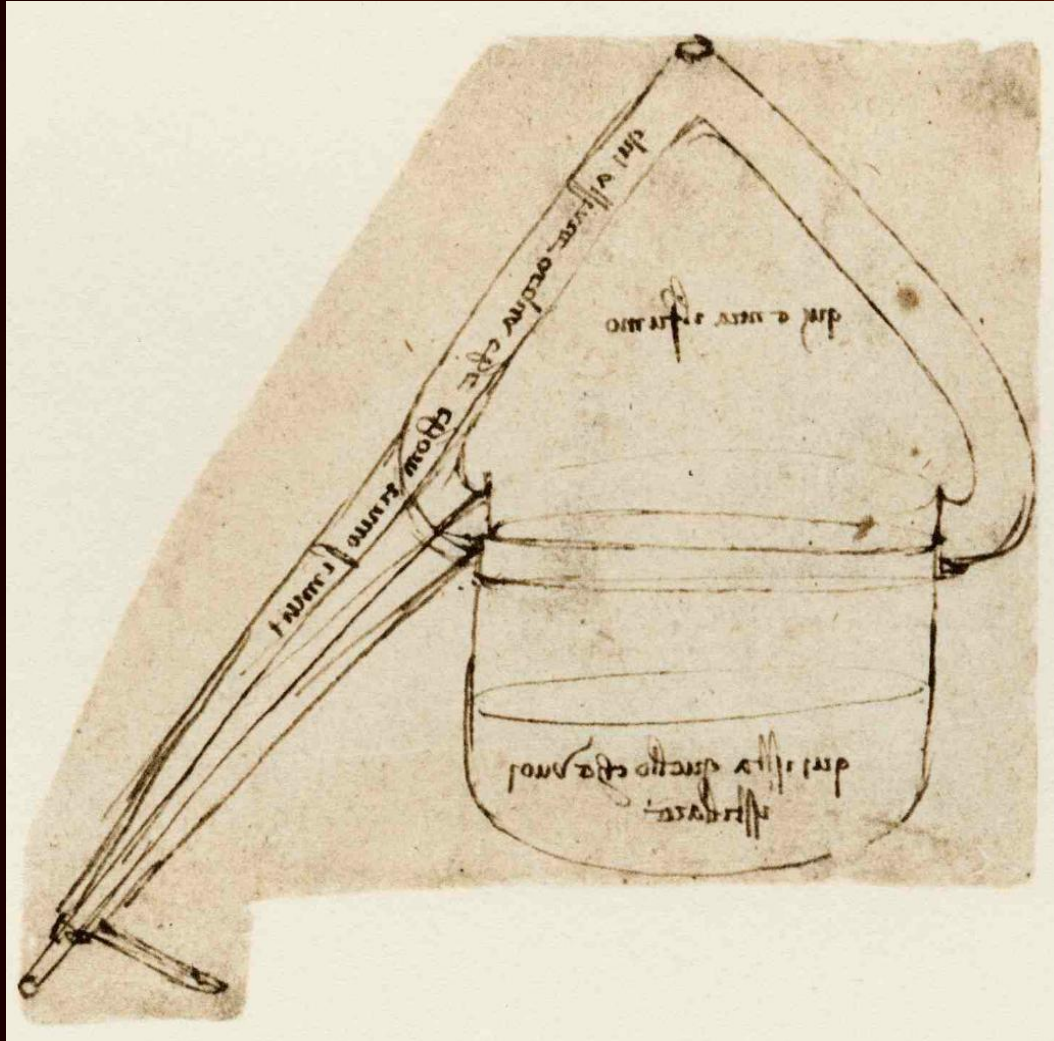


Codice Atlantico 216r, (1485)

“E fassi detto limbicco in istampa  
Quando voi fare il limbicco di rilievo  
per formare di gesso, fa prima fare  
questo di legno al tornio, e colla  
terra di cimatura lo finisci.”

Questo fornello ha [a] aver  
continuamente un'acqua la quale  
continuamente si muta, acciò che 'l  
cappello del lambicco stia sempre  
freddo, l quale sta sotto detta  
acqua. E questa è la via da fare ogni  
stillazione<sup>1)</sup> chiara e bella. E quando  
hai destillato<sup>2)</sup>, fai bollire sapon  
tenero colla risedenza<sup>3)</sup>, e poi lo  
potrai lavare a tua posta. E fassi  
detto limbicco in istampa.

# Apparati chimico-alchemici

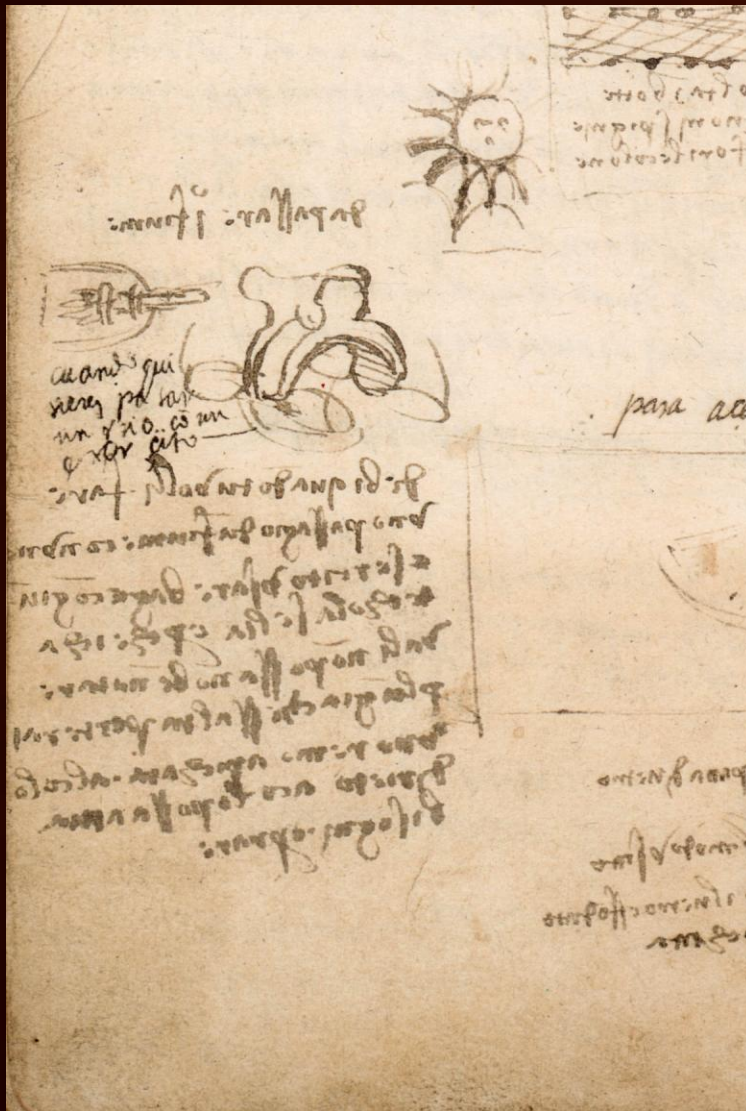


Codice Atlantico, f. 1114br

Intercapedine per lo scorrimento dell' acqua



# Fusioni in vetro



«Farai il fornello usato a modo di  
bombarde e quando il vetro è fonduto  
versalo nella forma infocata»

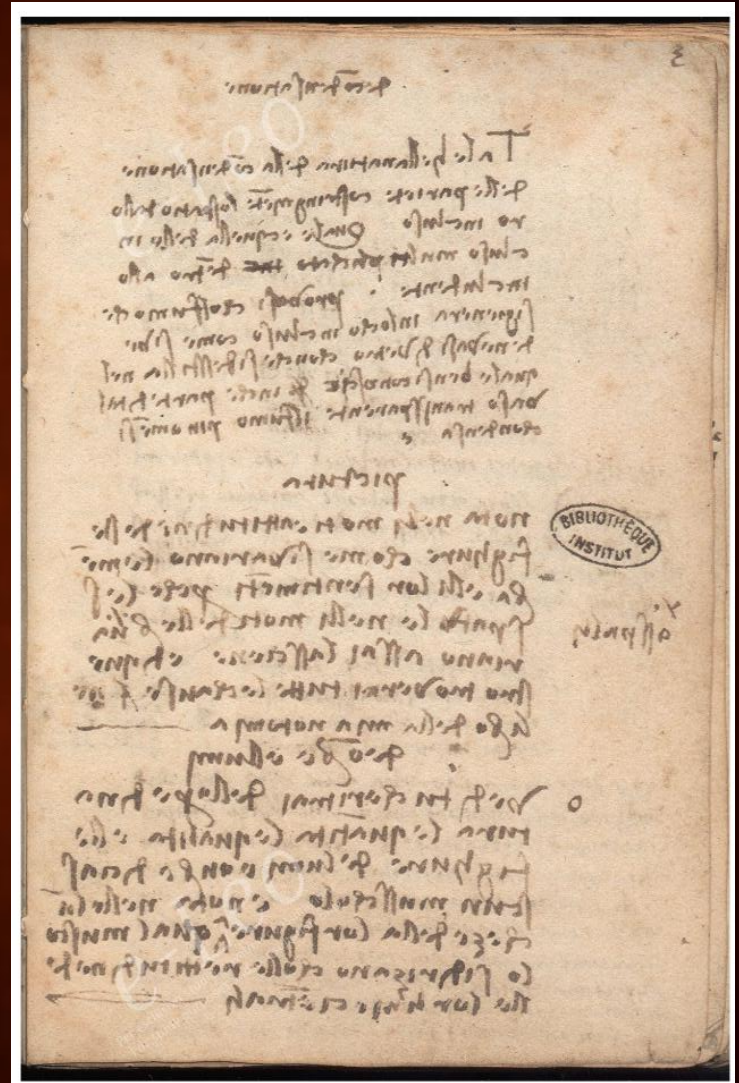
# L'uso del vetro nelle osservazioni dei fenomeni fisico-chimici

“De condensazione.

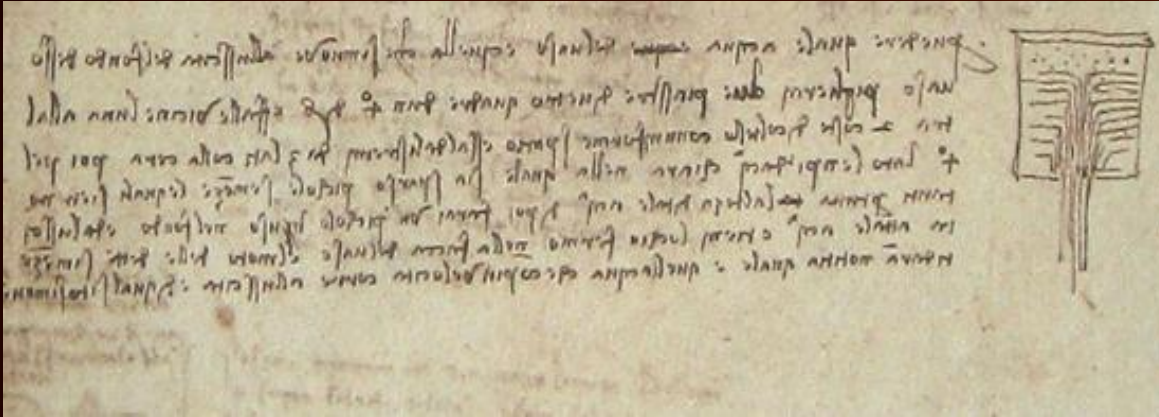
Tale è la natura della condensazione delle pareti costringente lo spazio da loro incluso, quale è quella dello incluso moltiplicato dentro allo includente.

**Provasi col fumo che si genera in loco incluso come si vede ne' vasi di vetro, con che si destilla, nel quale ben si conosce in che parte di tal vaso trasparente il fumo più o men si condensa e...**”

(Leonardo, Ms E, 3r)



# L'uso del vetro nelle osservazioni dei fenomeni fisico-chimici

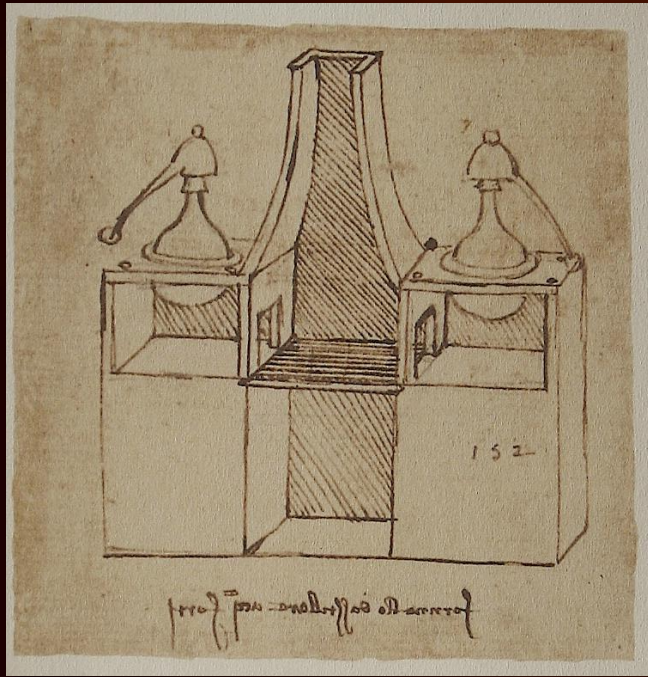


Vasca di vetro per osservare i moti dell'acqua causati da un'apertura inferiore (Codice Atlantico, f. 219r)

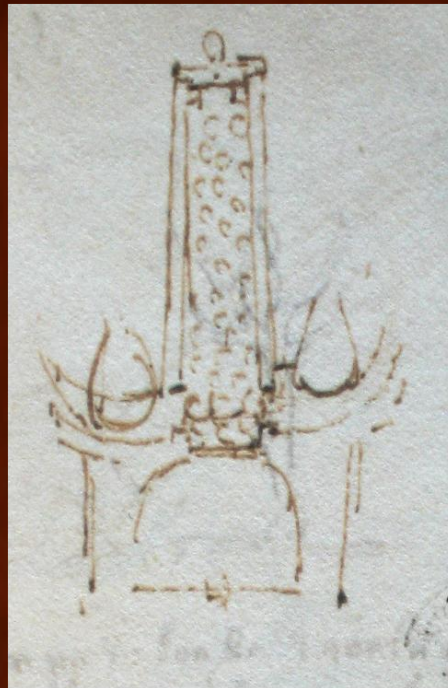


Colonna di vetro per osservare la produzione del fumo di una candela (Codice Atlantico, f. 226v)

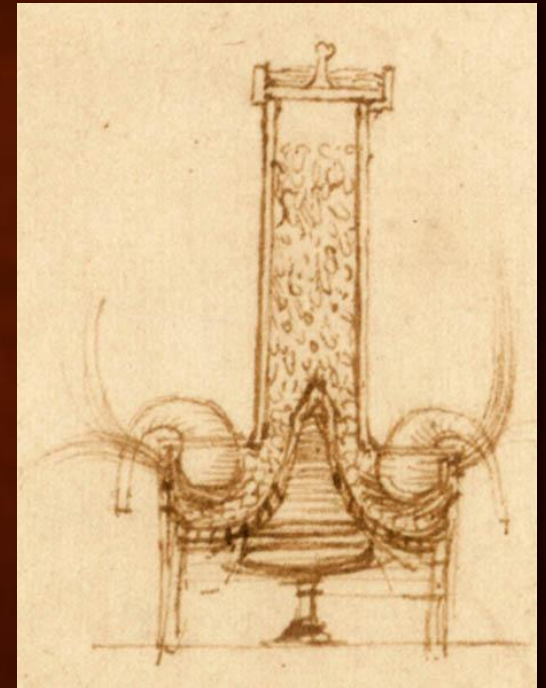
# Fornelli per la distillazione a torre



Codice Atlantico, c. 912r



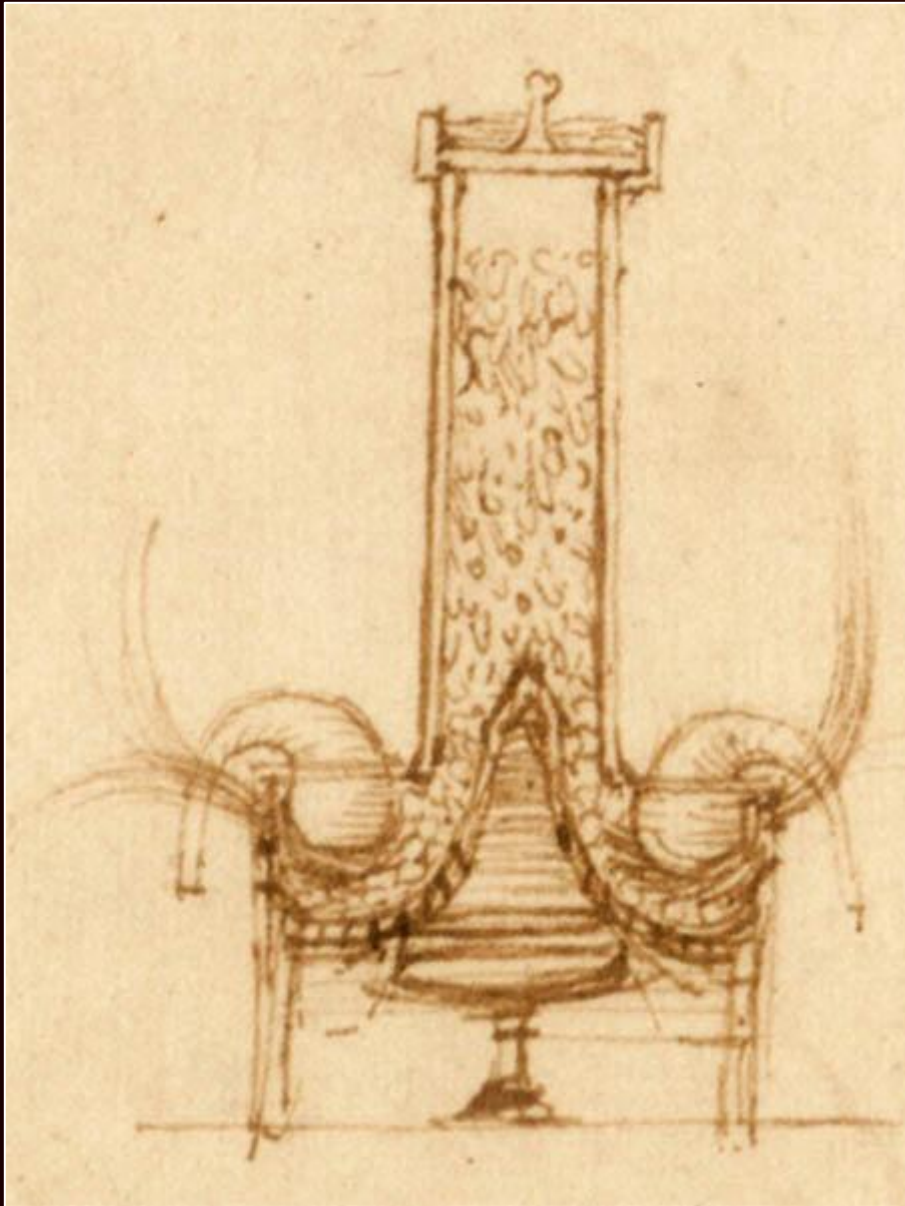
Ms. I, c. 37r



Codice Arundel, P29r : f. 145v



# Osservazione dei moti trivellanti del fuoco

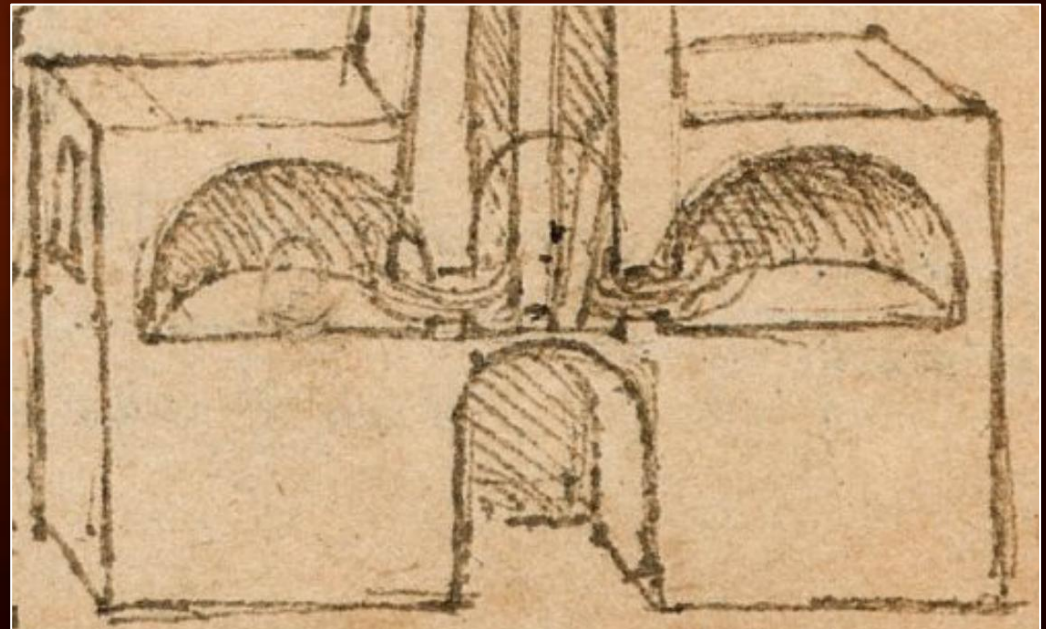
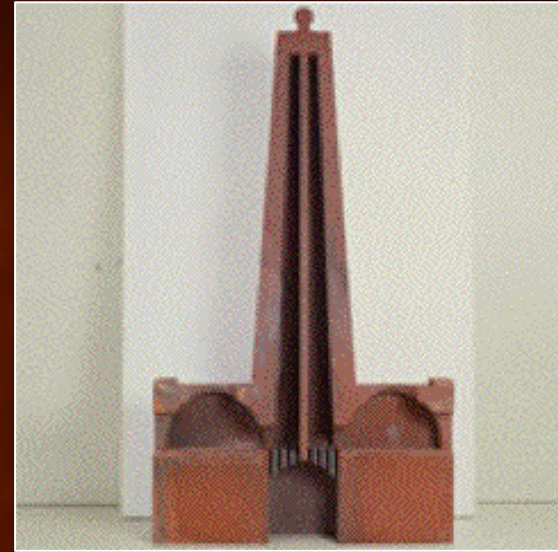
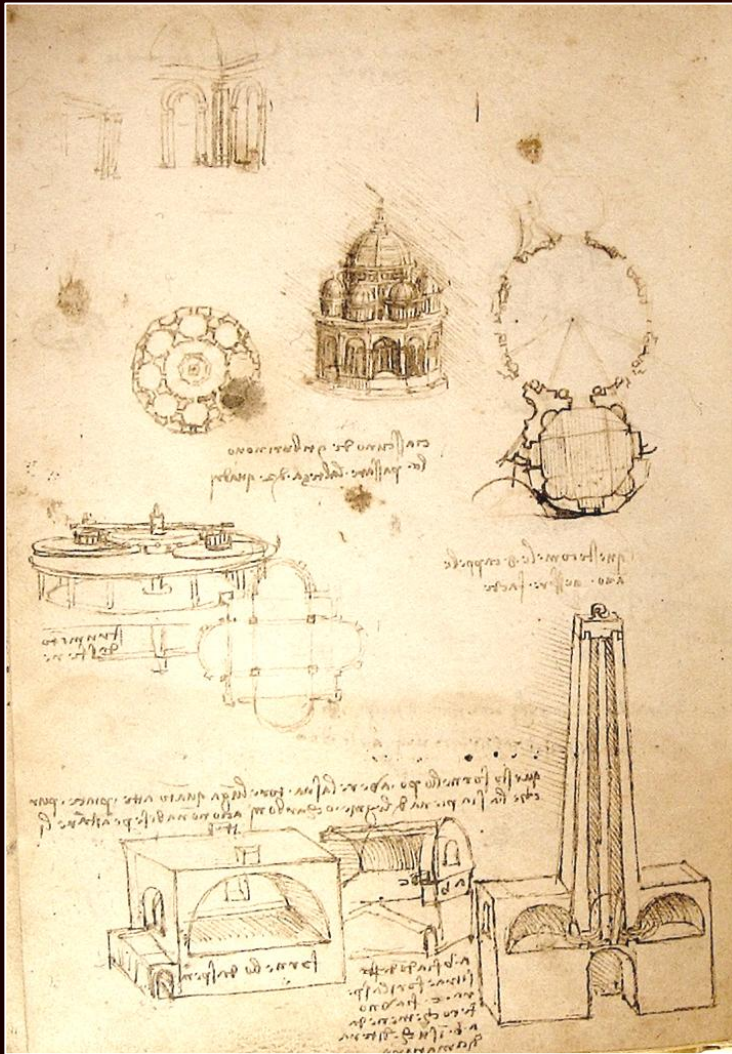


Trattato che ài de' moti de' solidi gravi, trata de' gravi liquidi e dell'aria e de' moti del foco, e col moto di questo foco fa comparatione del moto delle revertigine dell'aria e dell'acqua, e troverrai moti trivellanti del foco a ffarlo potente alle fusioni colle sua revolutioni, la qual cosa farai co' regisstri e con acqua bollente

Codex Arundel, P29r : f. 145v



# Fornace a riverbero metallurgica con alimentazione continua

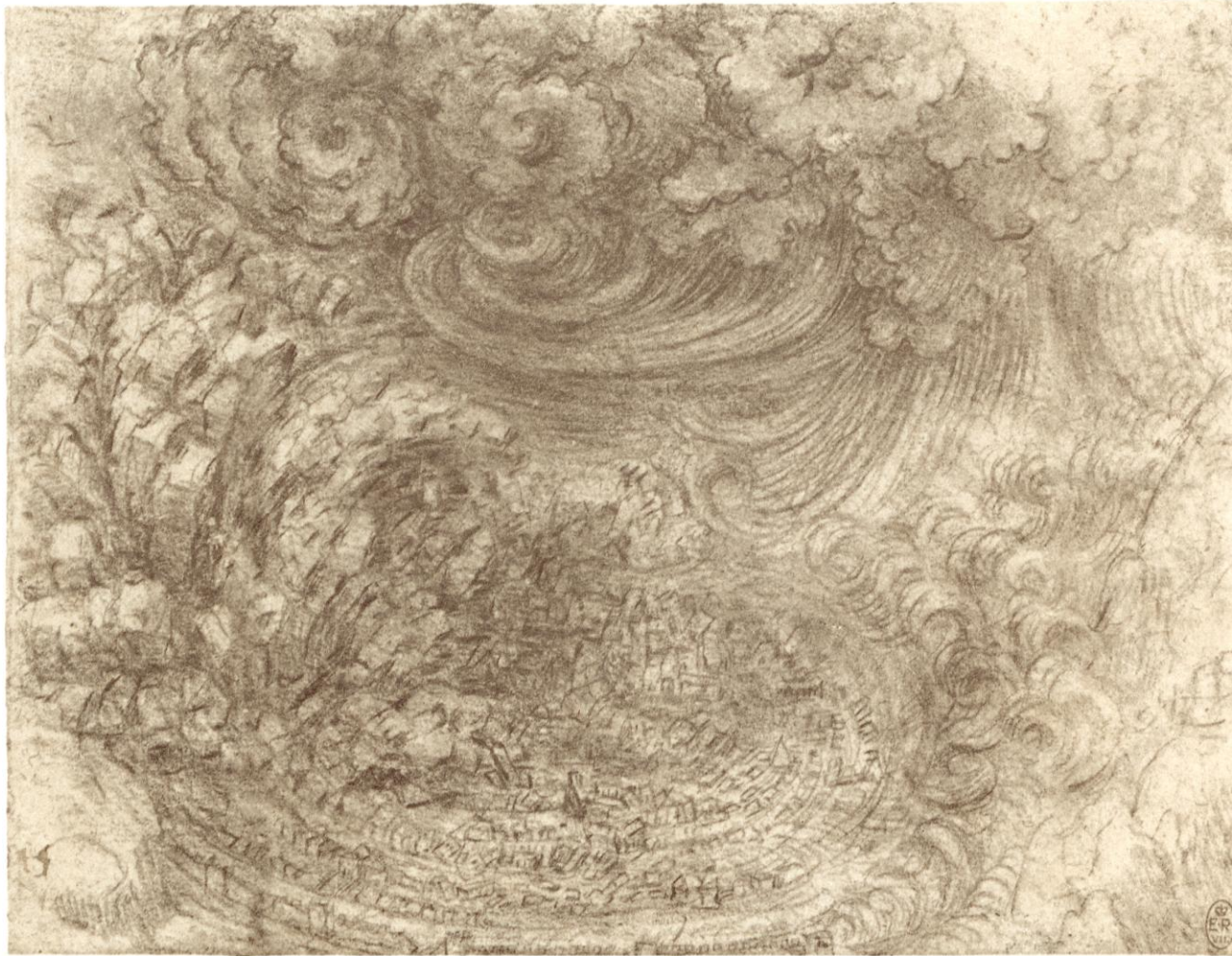


Ms. B, c. 21v

# Vortici di fuoco nei forni a riverbero



# La forza degli elementi

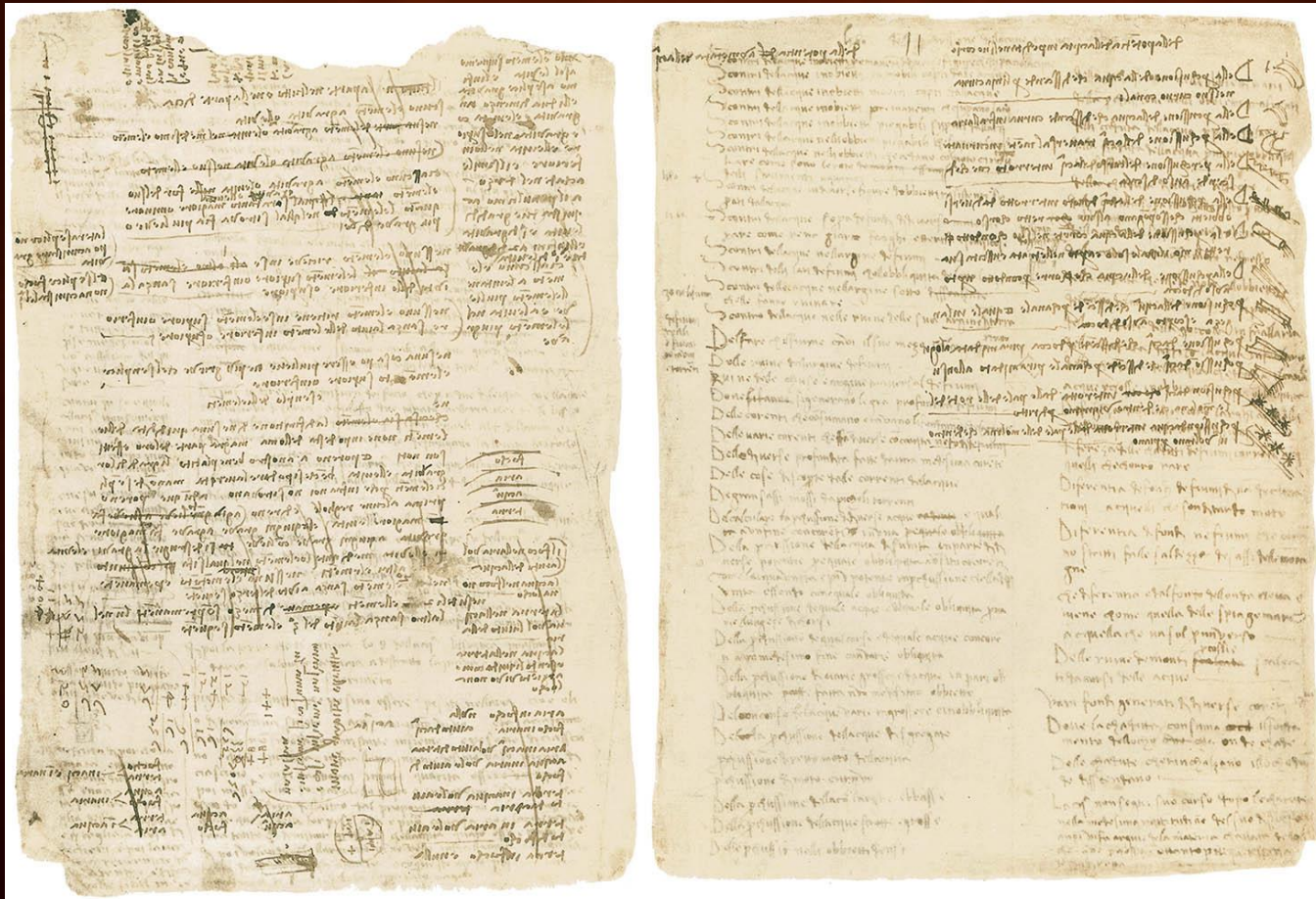


62 recto

# Materialità degli elementi

“la definizione di nessuna quiddità delli elementi non è in potestà dell’omo, ma gran parte de’ loro effetti son noti. E porremo a nostro beneplacito li gradi di lor gravità e levità, benché si po dare la verità, ma non de’ semplici elementi, perché infra noi non si trovano”

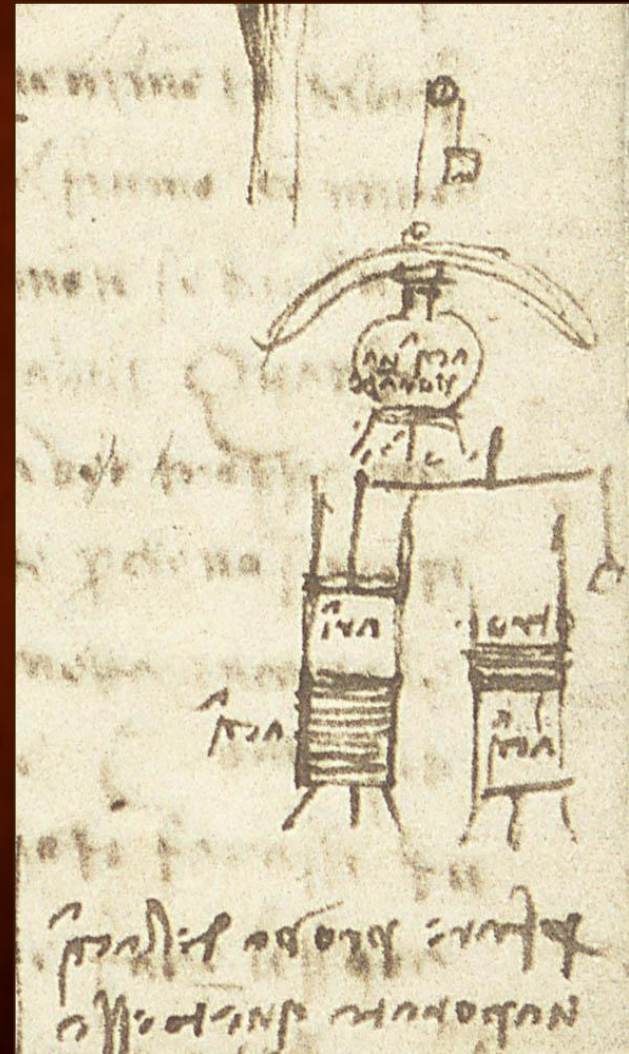
(Codice Atlantico, f. 214v).



# Strumento per osservare la trasformazione dell'acqua in vapore

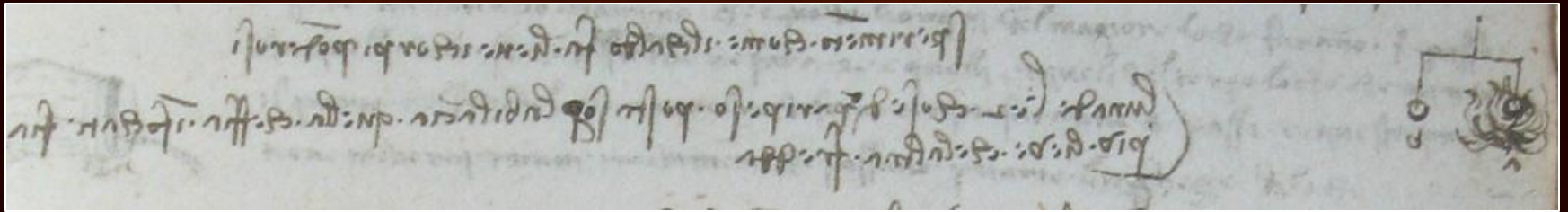


Codice Leicester, f. 10r



Codice Leicester, f. 15r

# Pesare gli elementi



“Sperimento come il caldo fa lieve i corpi ponderosi: L’una delle due cose di pari peso, posta sopra la bilancia, quella che sia infocata, sia pilieve che l’altra fredda. Questa prova farai con due ballette di rame appiccate a 2 fili di ferro colle bilancie, e una delle due metti in foco e fa rovente, e quando dal foco è fatta rossa, tirala fori dal foco, acciò che ‘l vapore del calore che si leva, non ispingessi in alto il peso, e vedrai che quella ballotta che prima, essendo fredda, era di pari peso coll’altra, essere per lo calore fatta leggiera”

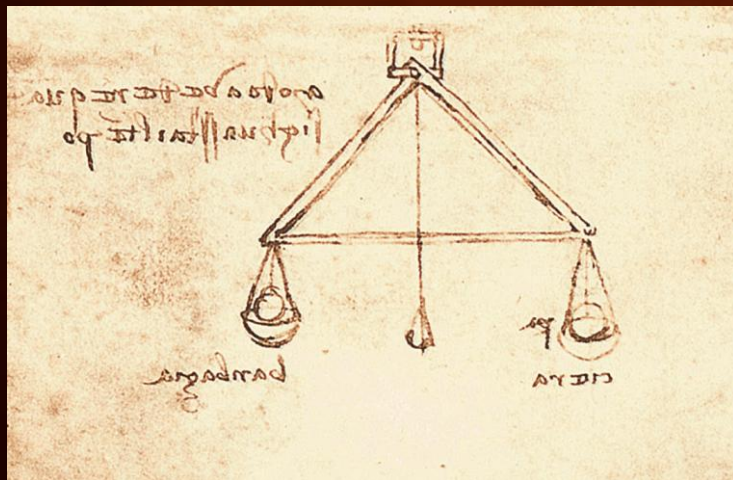
Ms. A, c. 57r



# Igroscoopi a bilancia



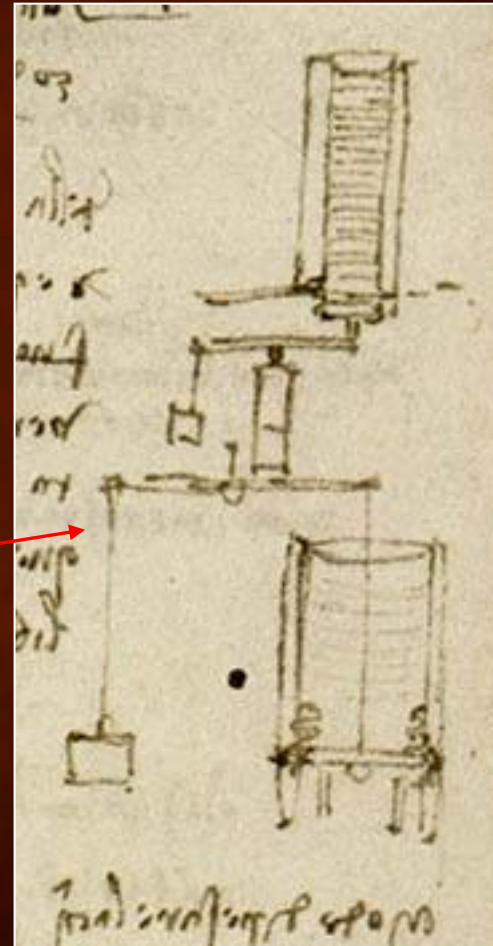
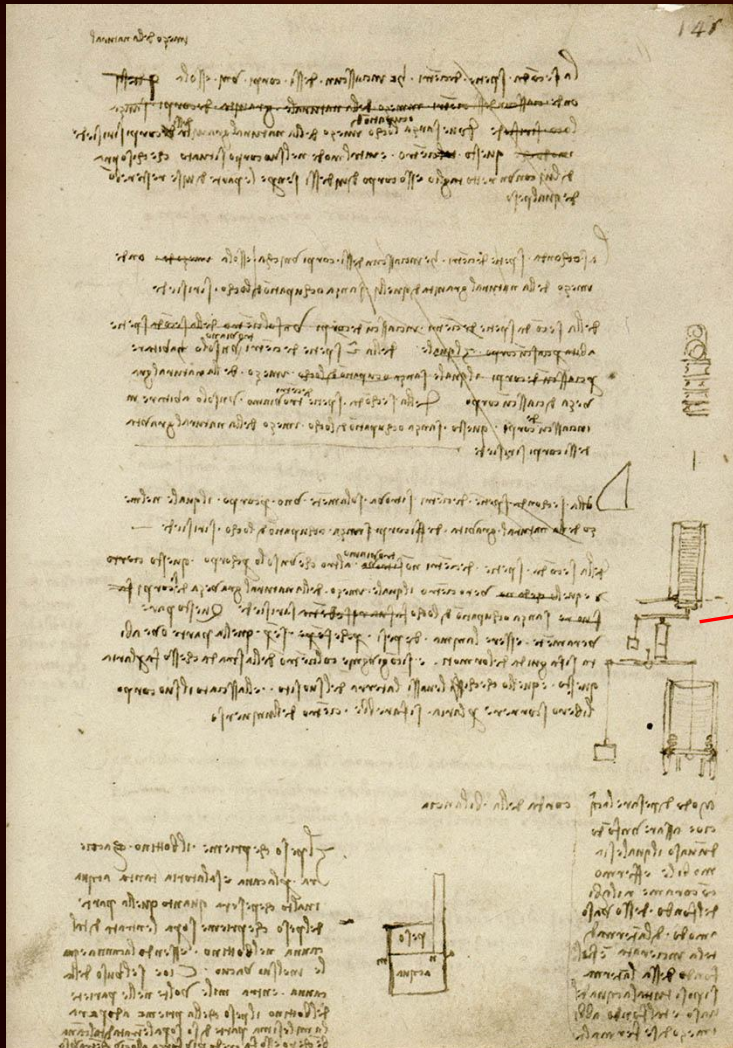
*Codice Atlantico, c. 675r*



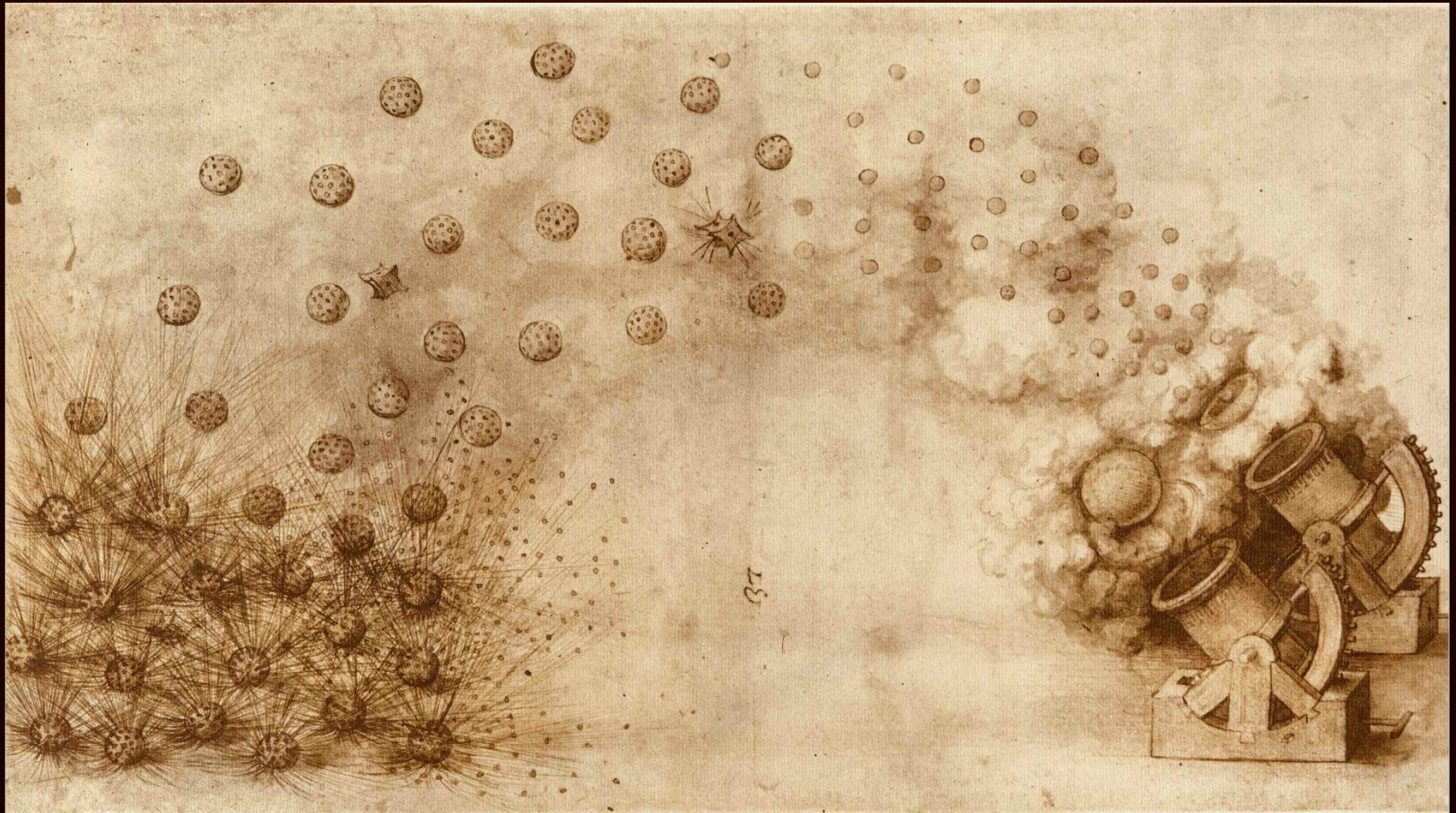
*Codice Atlantico, c. 30v*



# Bilancia per determinare la densità dei liquidi

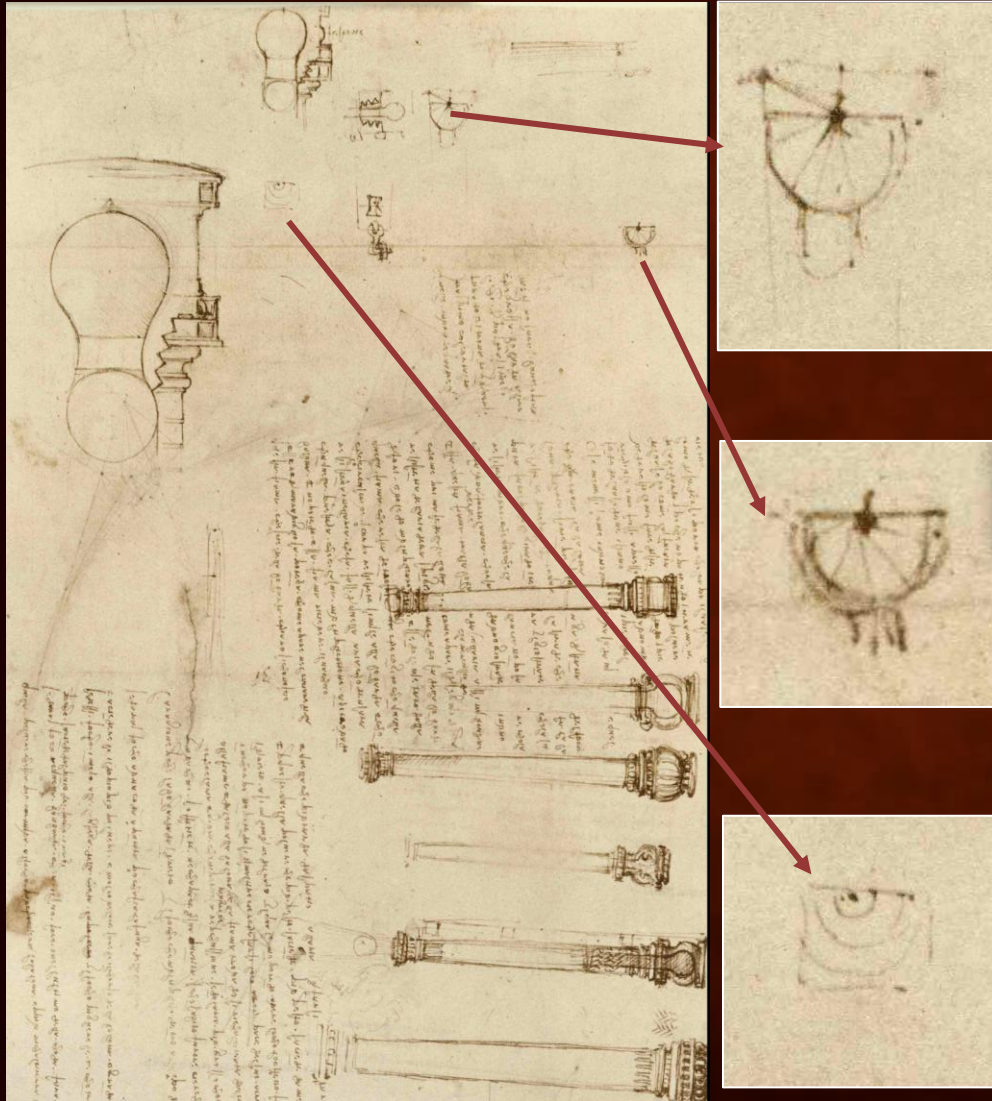


# Il fenomeno dell'esplosione



Codice Atlantico c. 33r

# Esplosione come espansione sferica e piramidale



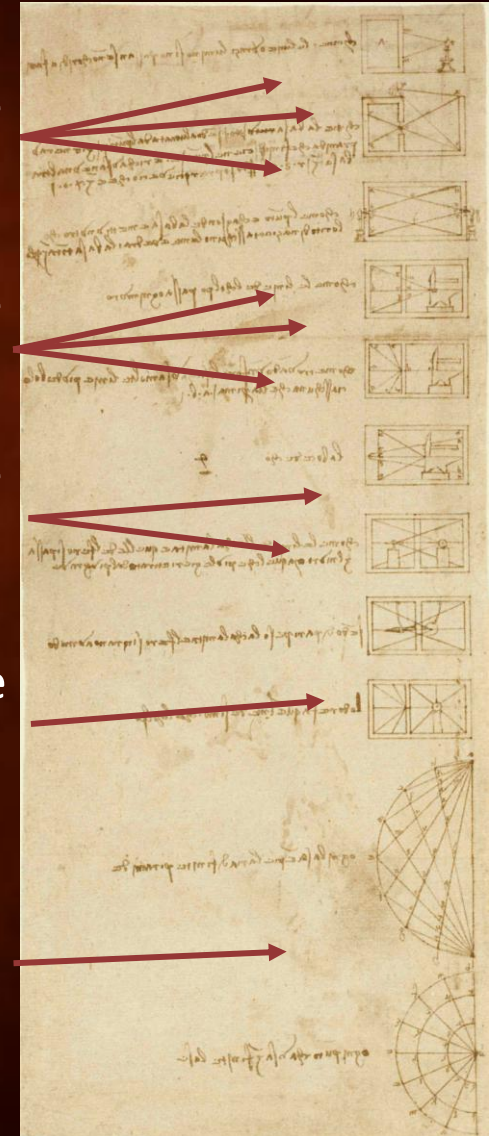
Propagazione della luce

Propagazione del colpo

Propagazione della forza magnetica

Propagazione dell'odore

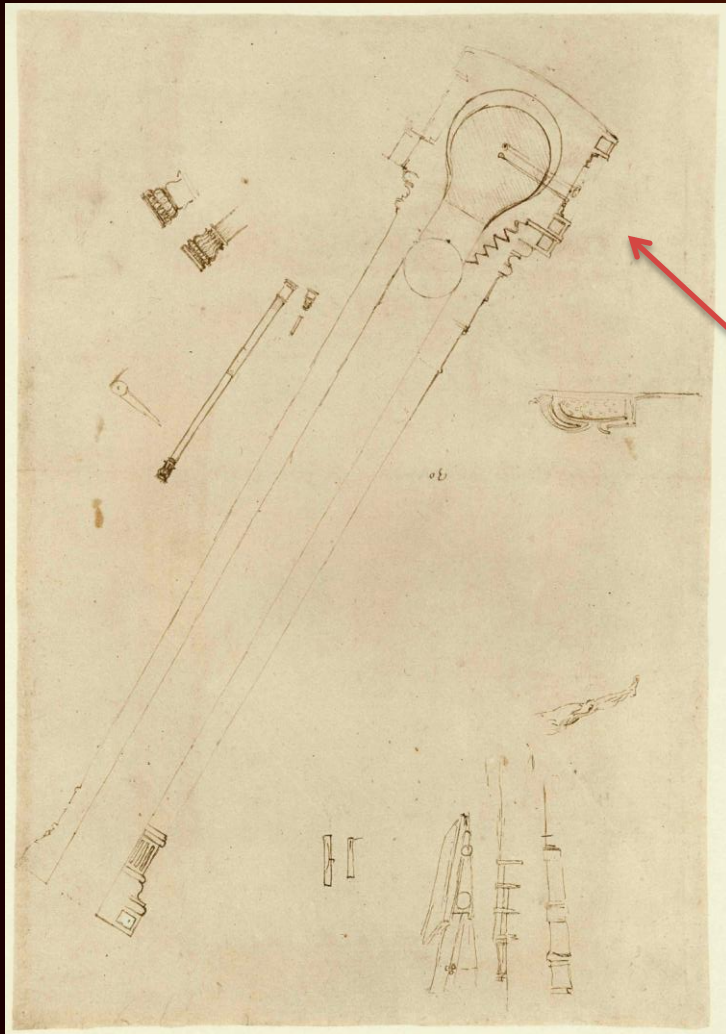
Schemi di propagazione sferica dal punto



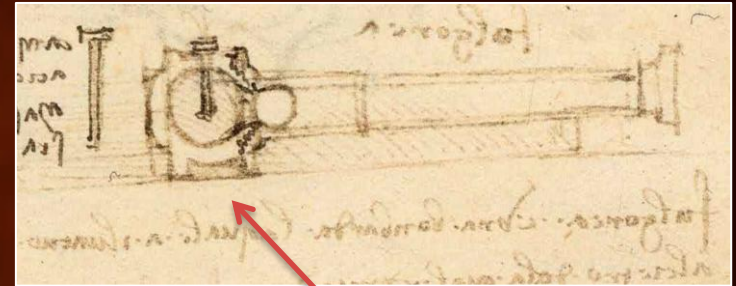
Codice Atlantico f. 79r

Codice Atlantico f. 347r

# Studi di artiglierie con camera di esplosione sferica

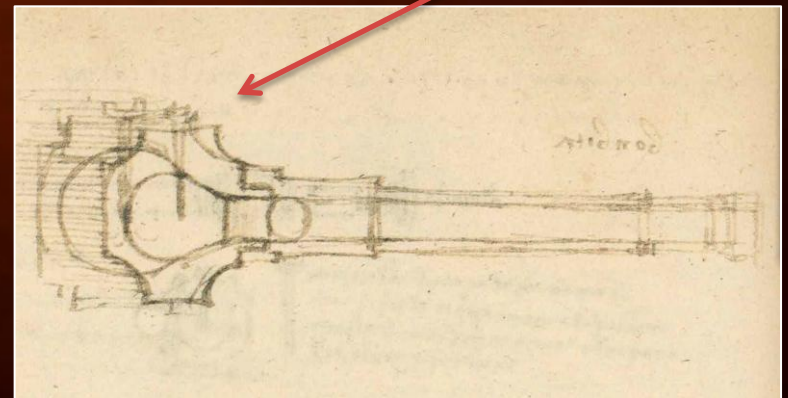


Codice Atlantico f. 92r



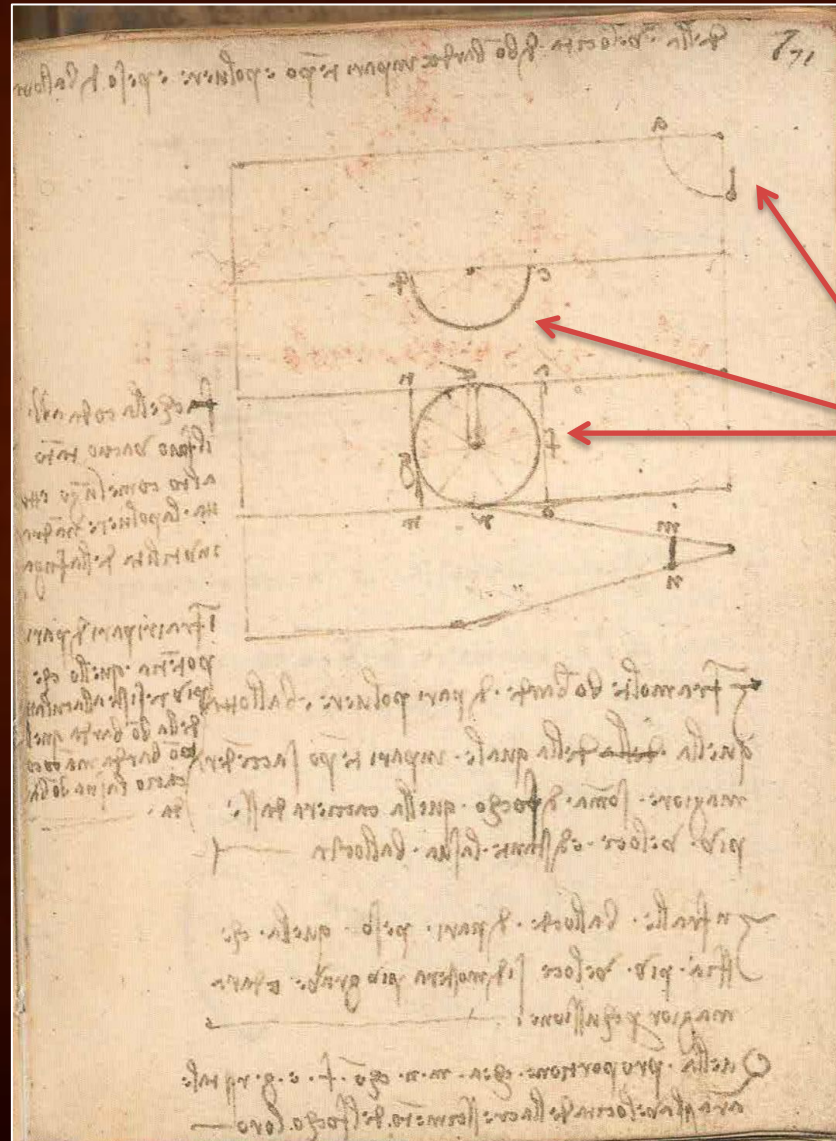
Ms. B, f. 31r

Camere sferiche e innesco del fuoco a cannuccia per arrivare al centro della carica esplosiva



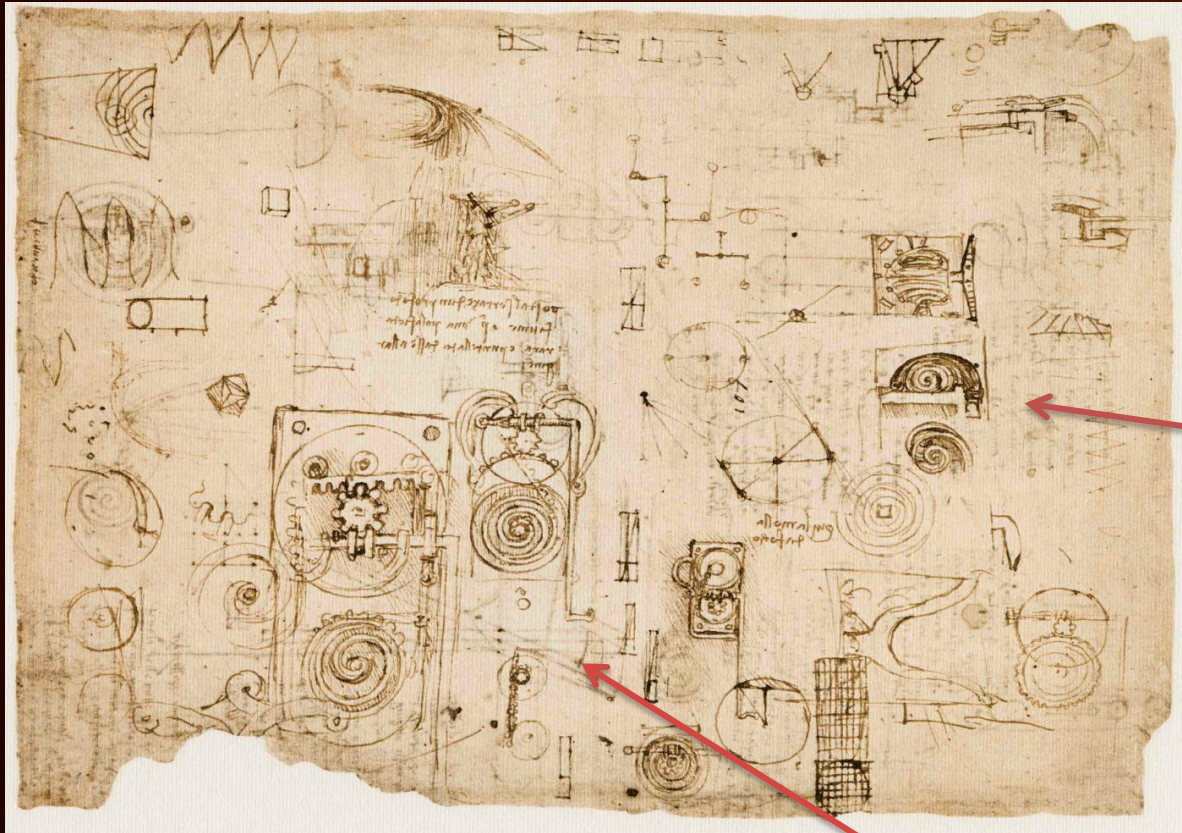
Ms. B, f. 31v

# Descrizione geometrica della propagazione del fuoco nell'esplosione



Linee di forza  
centrifughe

# Analogia tra una molla e i moti a spirale del fuoco

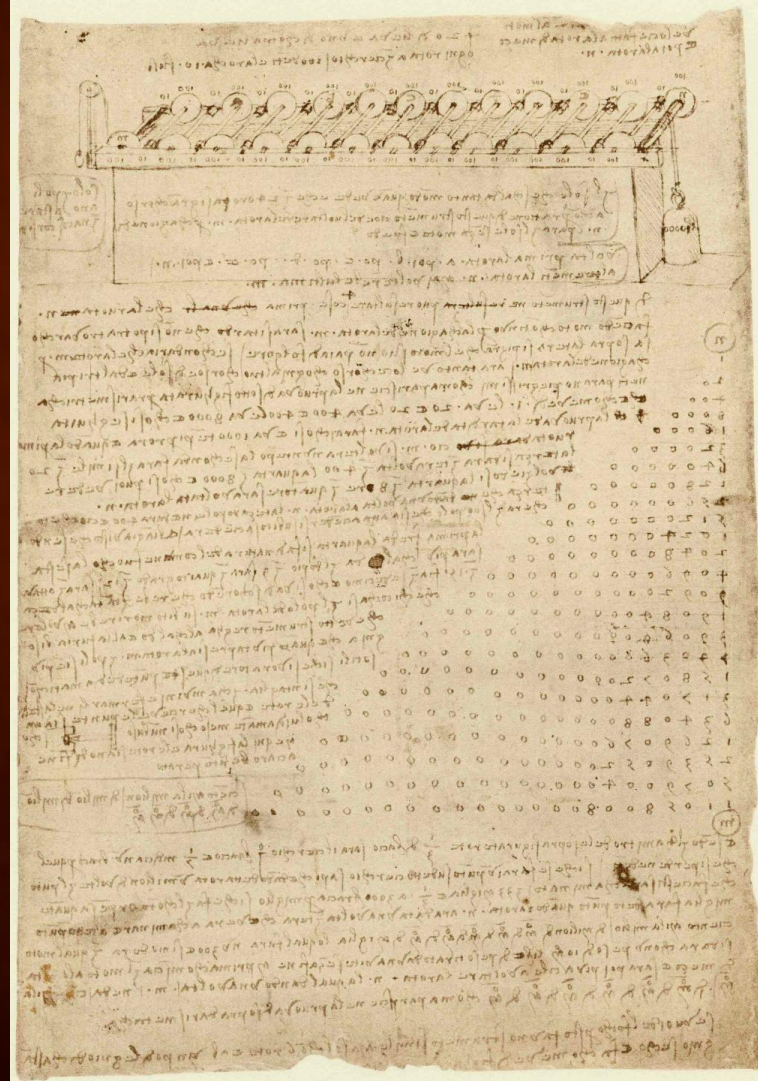


Moti spiraliformi del fuoco in un forno metallurgico

Codice Atlantico, f. 580r

Studi per un acciarino a Molla

# Velocità di rotazione, attrito e sviluppo di calore, la trasmutazione meccanica degli elementi



Codice Atlantico, f. 83v

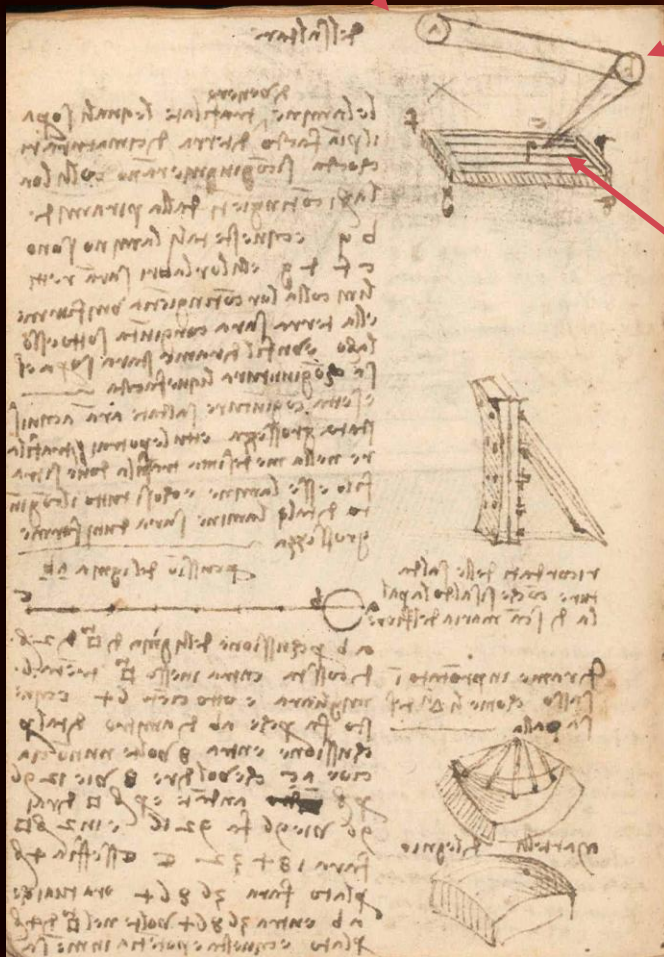


# Specchi parabolici, percussione e calore, la trarmutazione in fuoco

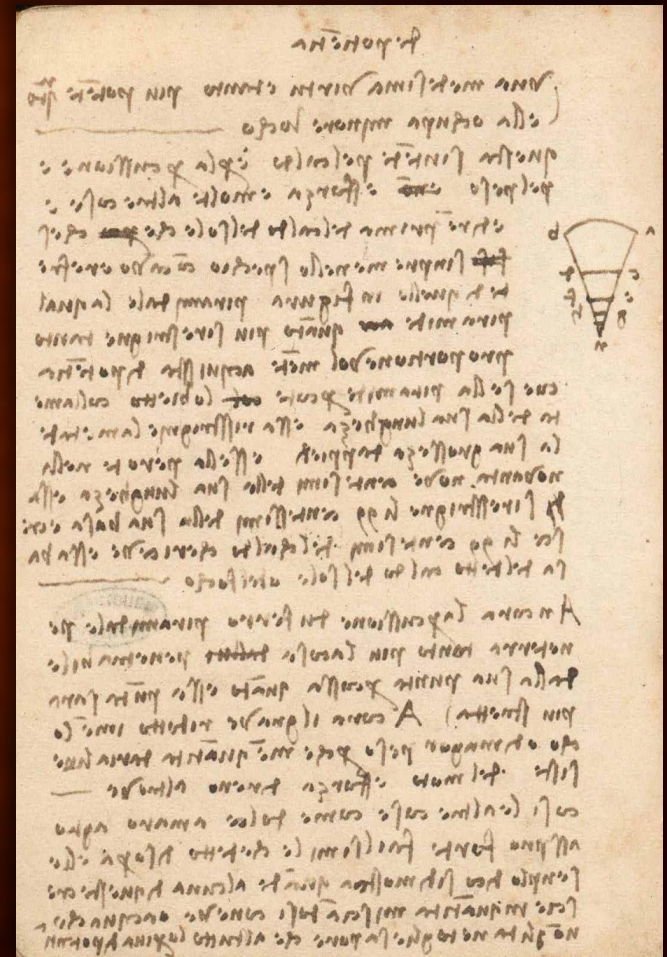
sole

specchio

saldatura

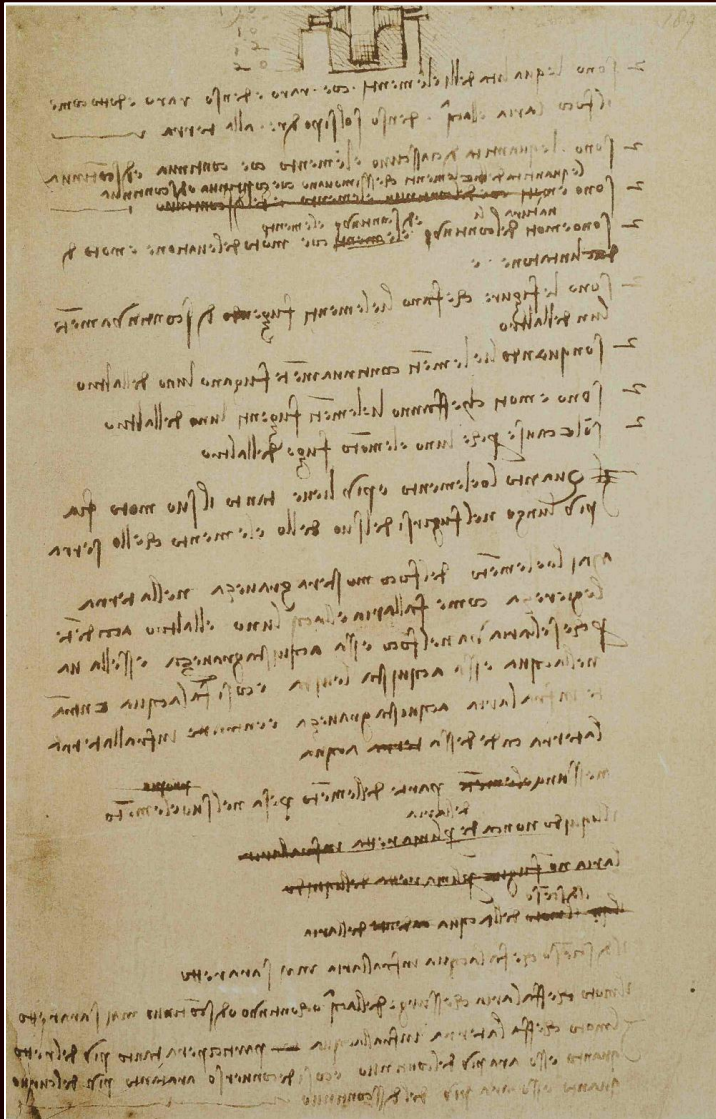


Manoscritto G, f. 84v



Manoscritto G, f. 89v

# Una nuova definizione di elemento fisico



Codice Arundel, P 99 : f. 189v

“2 sono le qualità delli elementi, cioè **raro e denso**; raro e detto come il foco, l’aria e ll’acqua; denso sol si po dire alla terra.

2 sono le quantità di ciascuno elemento, cioè **continua e discontinua**.

2 sono e’ moti cioè del continuo elemento e del discontinuo le quantità delli elementi che ssi movano, cioè continua o discontinua.

2 sono e’ moti naturali del continui elementi e discontinui elementi, cioè moto d’elevatione e moto di declinatione.

2 sono le figure che fano li elementi fugendo discontinuamente l’un dell’altro.

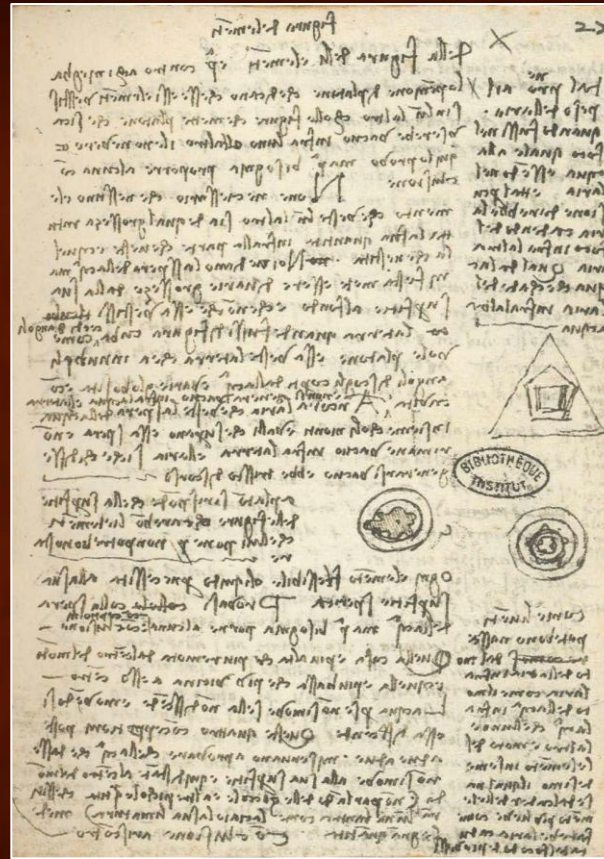
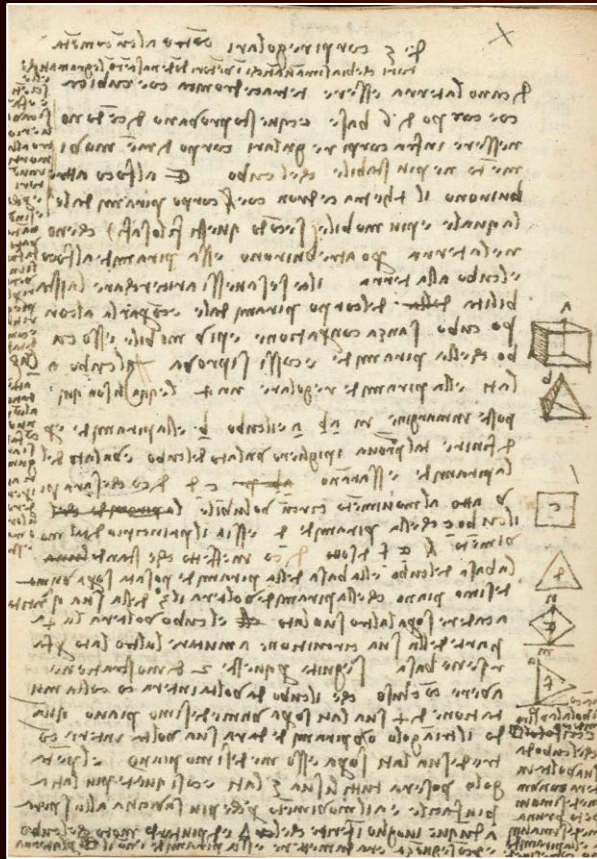
2 son quando li elementi continuamente fugano l’uno dell’altro.

2 sono e’ moti che ffanno li elementi fugenti l’uno dell’altro.

2 son le cause perché l’uno elemento fuge dell’altro”.

# La forma degli elementi

Elemento Leonardo



Manoscritto F, f. 27v

Manoscritto F, f. 27r

fuoco



aria



acqua



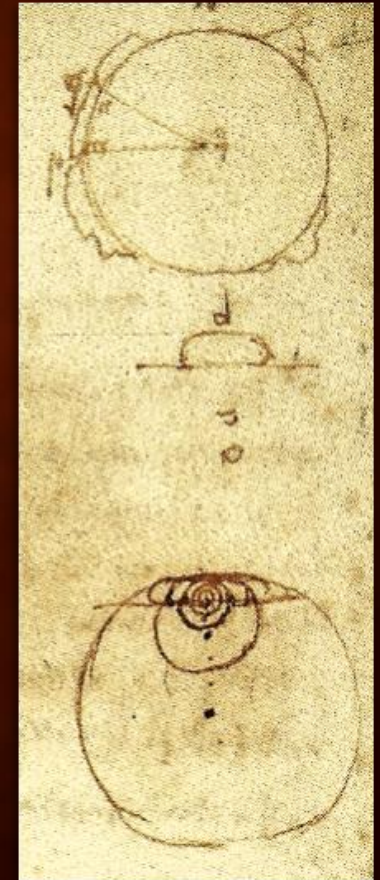
terra



Gli elementi sono corpuscoli di forma sferica che differiscono per il grado di densità

# L' elemento acqua

Li centri della sphericità dell' acqua sono due: l' uno e della universale acqua, l' altro è particolare [...] il centro della acqua particolare è quello che si fa nelle minime particule della rugiada la quale spesso si vede di perfetta rotondità sopra le foglie delle erbe, dov' ella cade; questa è di tanta levità che non si prieme sopra il loco, ove posa, ed è quasi sostenuta dall' aria [...] è per questo che la sua superficie da ogni banda con equal forza è tirata equalmente da sé medesima e così ciascuna parte con equal potenza concorre l' una all' altra, facendosi calamita l' un dell' altra, in modo che per necessità si fa di perfetta sphericità [...] ma quando il peso di tal particola si viene a moltiplicare, immediate il centro della curva superficie esce fuori di tal quantità d' acqua, e s' invia verso il centro della sfera comune dell' acqua; e tanto più cresce il peso di tal goccia, tanto più il centro della detta curvità s' avvicina al centro del mondo. (Leic 34v)



# Termini tecnici derivati da parti del corpo umano

Testa/capo (head)

Fronte (front)

Faccia (face)

Naso (nose)

Labbro (lip)

Spalla (shoulder)

Bocca (mouth)

Linguetta (tongue)

Dentatura (teeth)

Fusto (trunk)

Ventre (Womb)

Culo (butt)

Calcagno (heel)

maschio femmina  
(male-female joint)

Collo (nek)

Gola (throat)

Gamba (leg)

Lacrima (tear)

Corpo (body)

Stiena (Back)

dito (finger)

Mano (hand)

Unghia (nail)

Palmo (palm)

Pugno (fist)

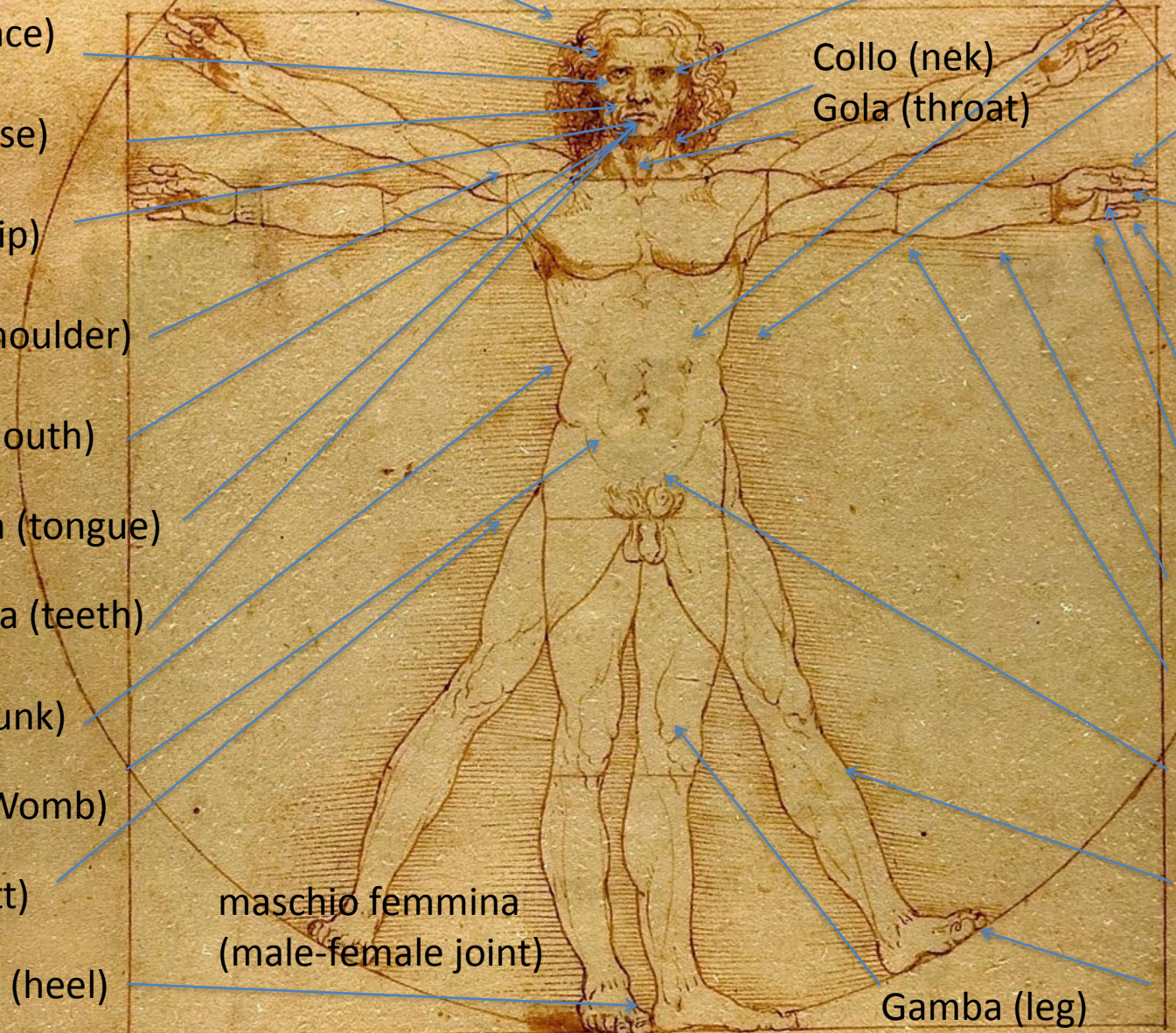
Braccio (arm)

Gomito (elbow)

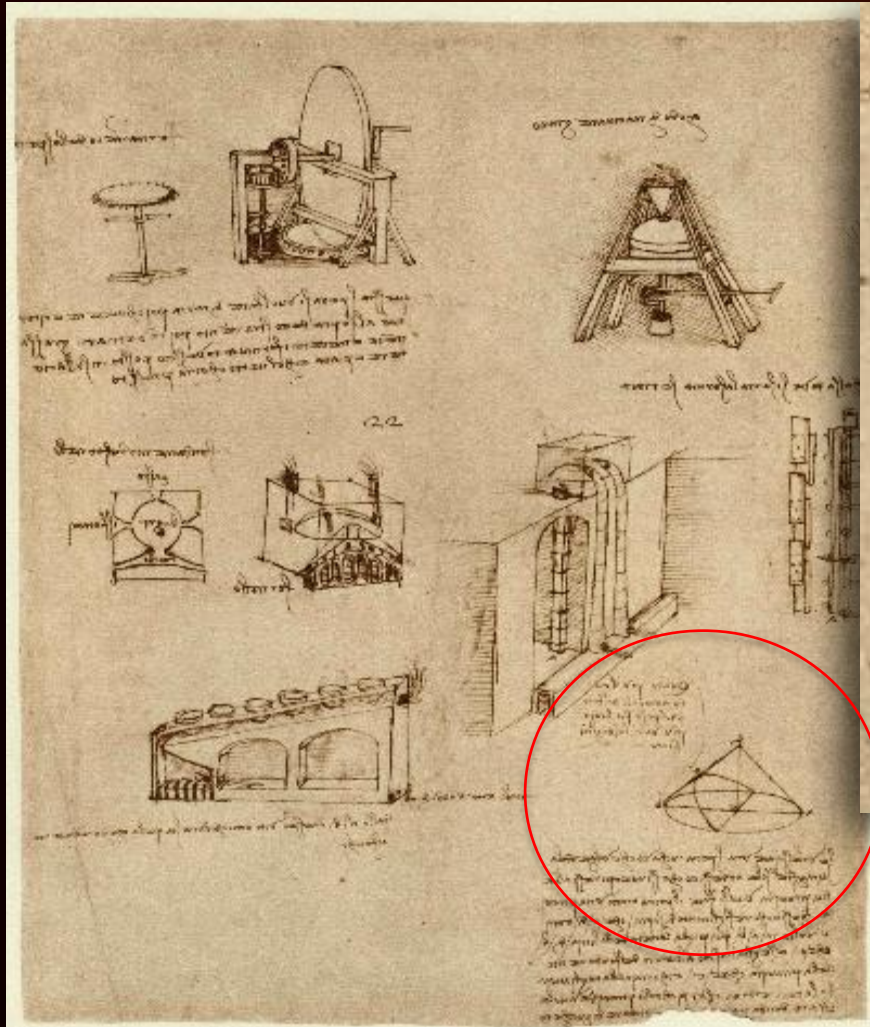
Vescica (Bladder)

Pelle (Skin)

Piede (foot)



# Il linguaggio degli artigiani: contesto domestico e geometria (Pan di zucchero)



13. SACCHARVM.  
*Qua Saccharum paretur arte, plurimis Pictura, quam vides, docebit te modis.*

# Analogia fra processi chimici e cucina

Quando tu vedi che 'l rame è condotto in paniccia, dagli il suo stagnio e subito lo vederai insieme liquefare. (Leonardo Codice Madrid II, 145v)

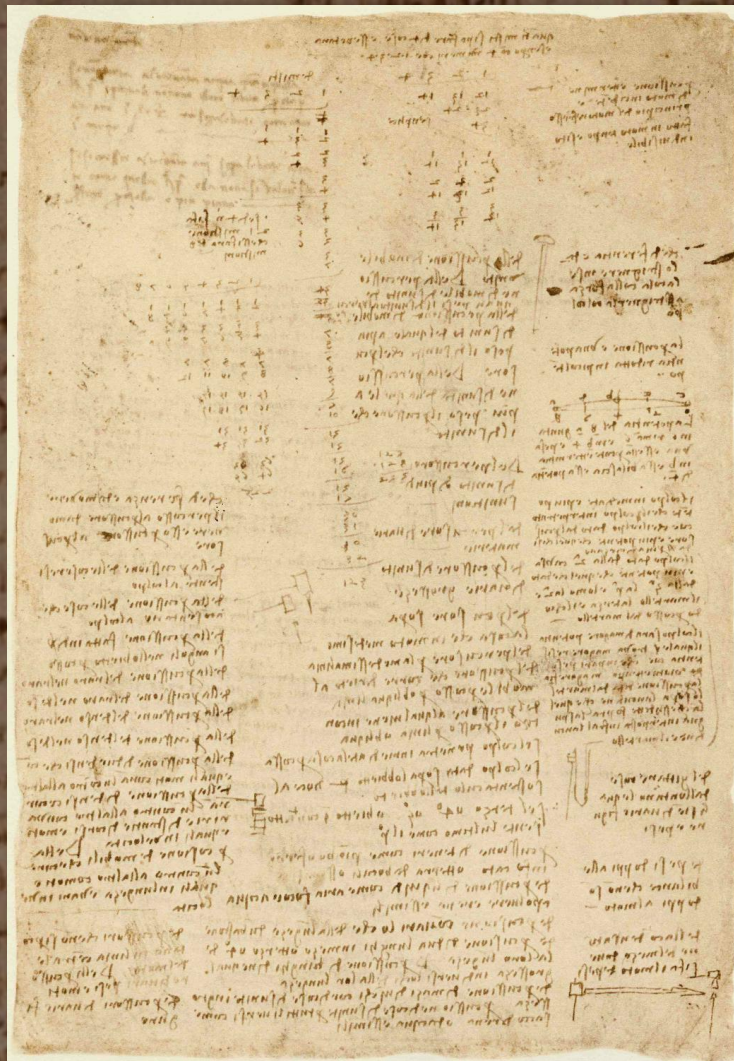


Per fare indaco.

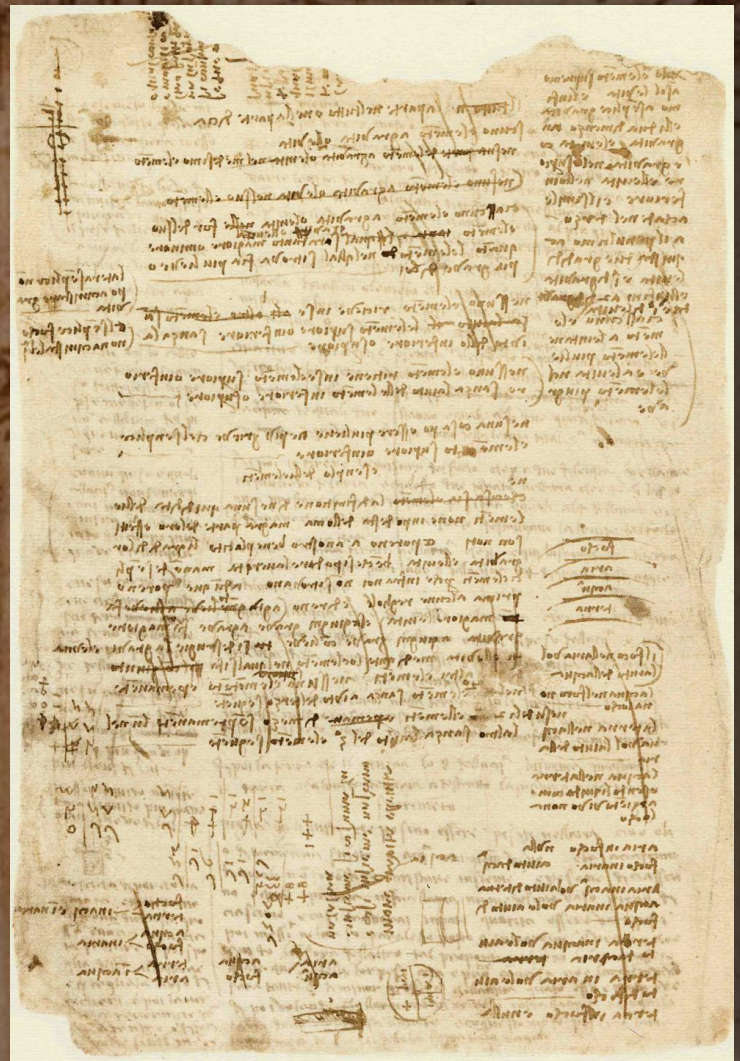
Togli fiori di guado e amido per [ug]ual parte, e 'mpasta insieme con orina e aceto, **e fanne un migliaccio** e seccalo al sole. (Leonardo Atlantic Codex 560r).



# Mistioni di elementi



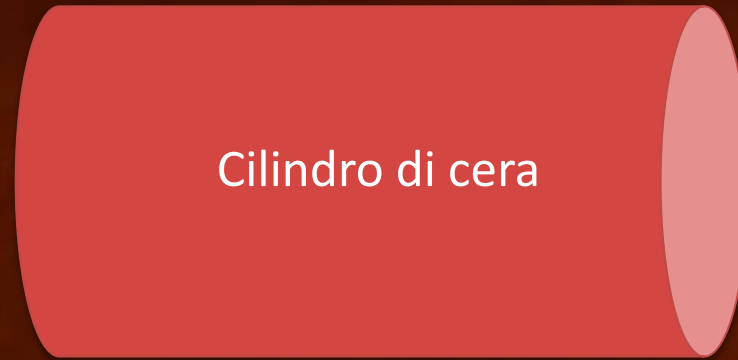
Codice Atlantico f. 183v



Codice Atlantico f. 214v



# Analogia tra dinamica del processo di esplosione e deformazione della cera sottoposta a trazione



Cilindro di cera stirato

