

Materials Properties, Use and Conservation: Construction Materials and Binders

Construction materials and binders

Michele Secco



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

dbc
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA . RILIEVO . TECNOLOGIE

Architectural heritage



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Architectural heritage



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, MUSICA
E BELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici



CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Architectural heritage



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Architectural heritage



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Architectural heritage



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, DEL MONUMENTO
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Energy balances

LAWS of THERMODYNAMICS (according to the Thermobirds)



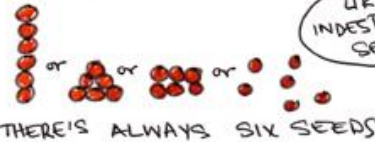
THERMODYNAMICS IS THE STUDY OF **WORK** **HEAT** AND **ENERGY**

0TH LAW

IF TWO SYSTEMS ARE IN EQUILIBRIUM WITH A THIRD SYSTEM, THEY ARE IN EQUILIBRIUM WITH EACH OTHER

1ST LAW

ENERGY CANNOT BE CREATED OR DESTROYED. IT CAN ONLY CHANGE FORMS



LIKE MY INDESTRUCTIBLE SEEDS!



ME AND NO. 1 ARE BOTH LEVEL WITH BIRD 3 SO WE'RE LEVEL WITH EACH OTHER!

*ZEROTH BECAUSE IT WAS ADDED AFTER THE FIRST, SECOND AND THIRD

2ND LAW

ENTROPY (RANDOMNESS AND DISORDER) IN A SYSTEM CAN STAY THE SAME OR INCREASE BUT NOT DECREASE

LIKE MY NEST



3RD LAW

WHEN TEMPERATURE REACHES ABSOLUTE ZERO (0°K or -273.15°C), ENTROPY NEARS ZERO



TEMPERATURE IS A MEASURE OF HOW MUCH MOLECULES MOVE

OR ATOMS

IF NOTHING MOVES THERE IS NO DISORDER



* * * * * DON'T MOVE!

www.artysci.co.uk

Gibbs Free Energy

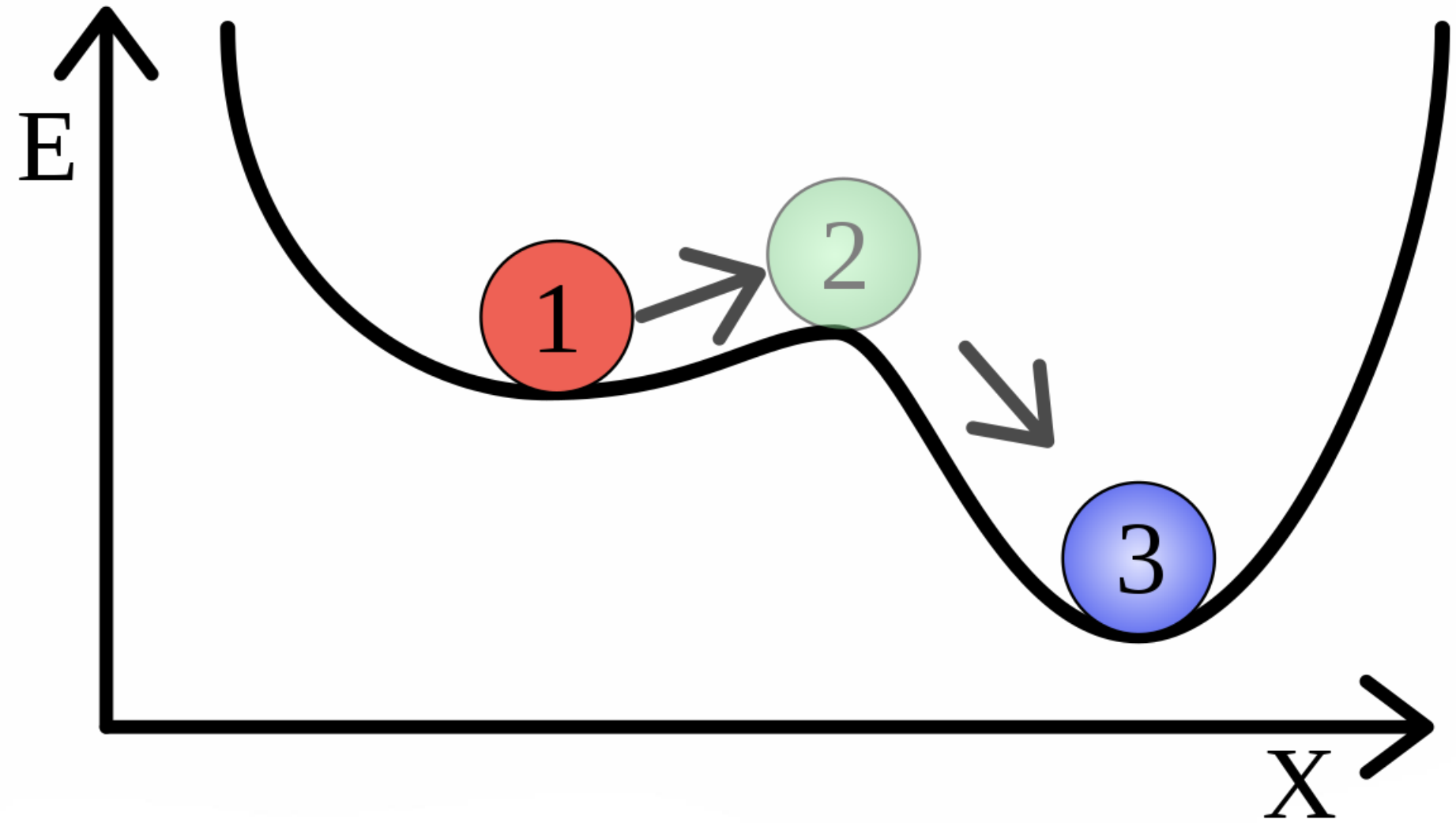
ΔH	ΔS	T	ΔG
+	+	High	-
-	-	Low	-
-	+	All	-
+	-	All	+

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

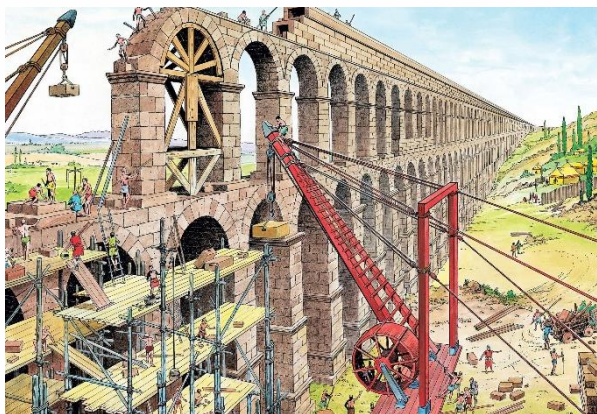
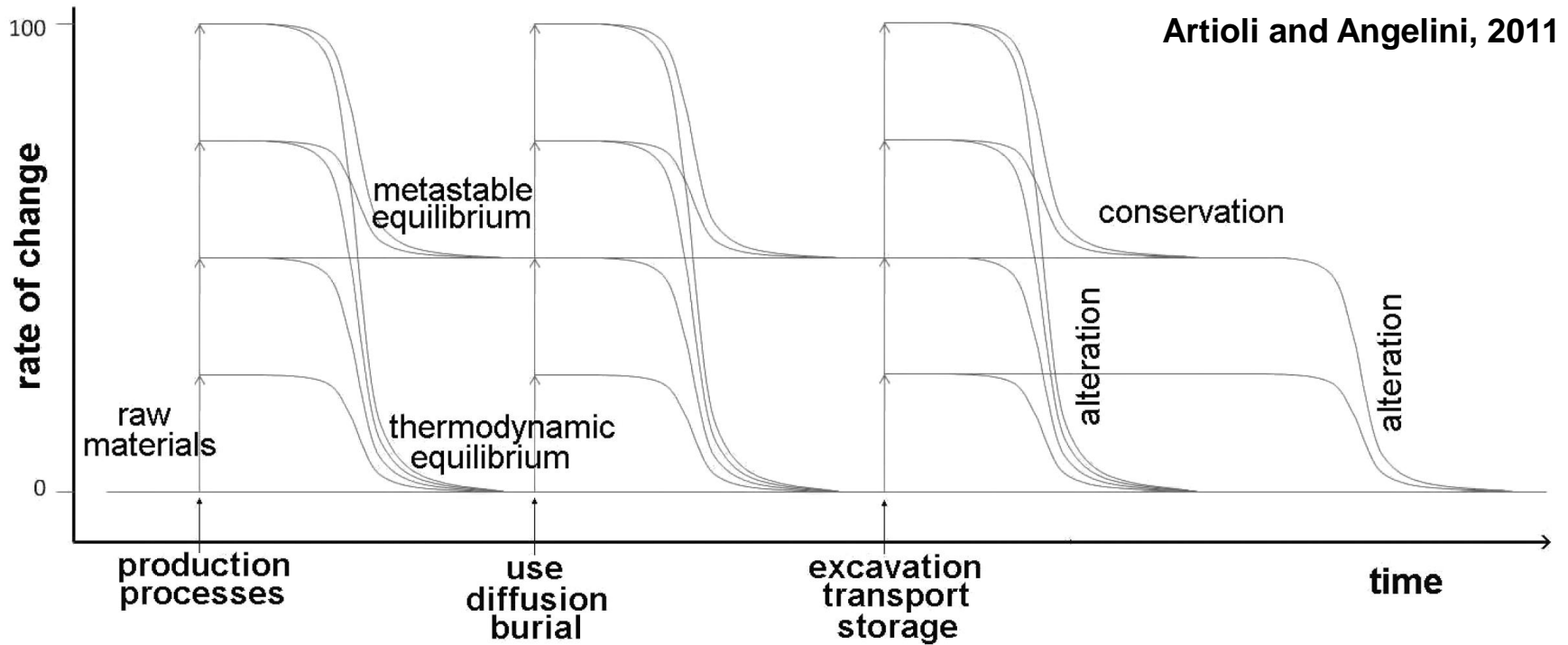
$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

$$K = e^{-\Delta G^{\circ}/RT}$$

Energy balances



Energy balances



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCENZE

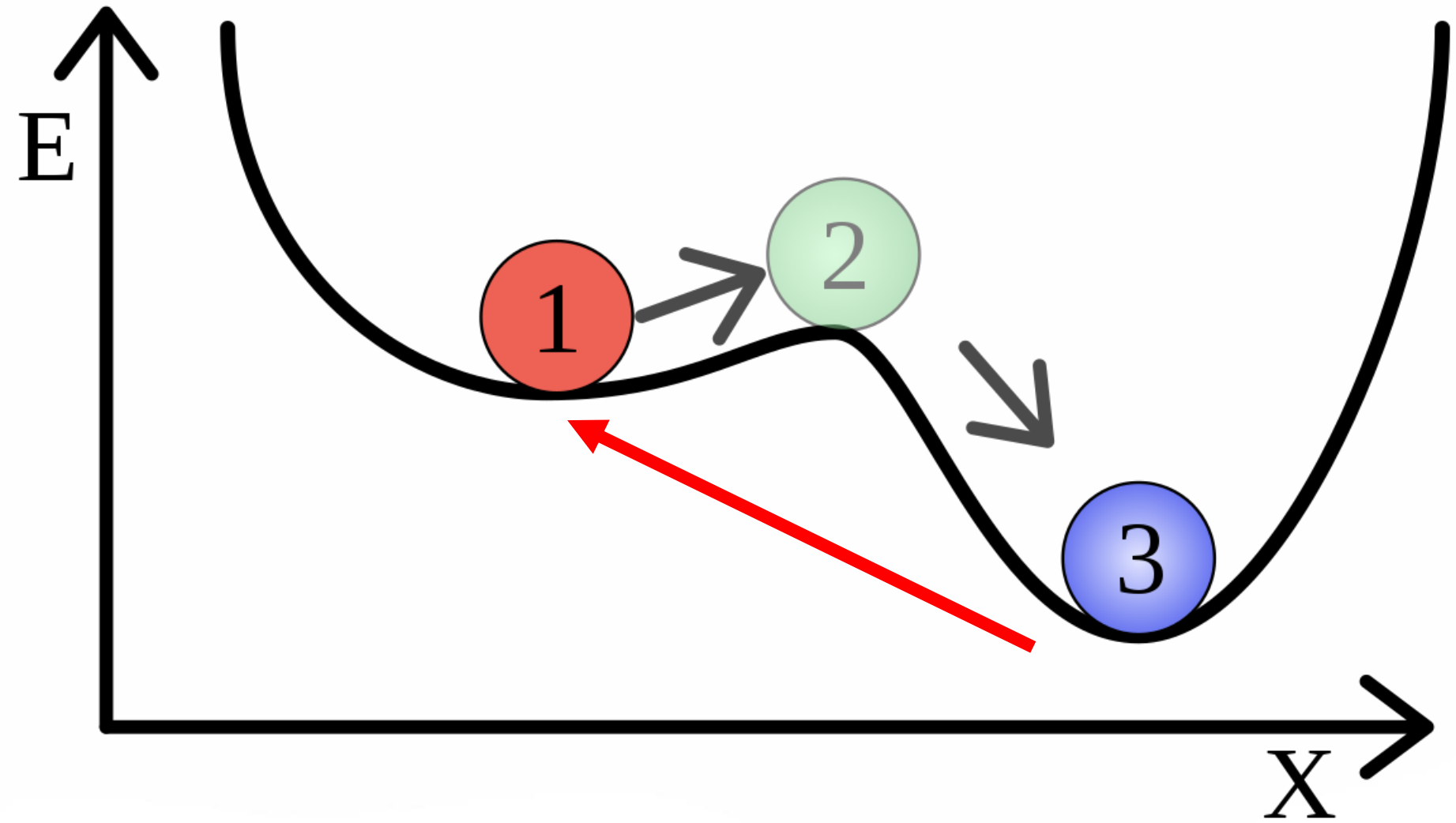
CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Energy balances



Georesources



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Georesources



Georesources



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Georesources



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA · RILIEVO · TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Georesources



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Georesources



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DELL'INGEGNERIA
E DELLA MUSICA



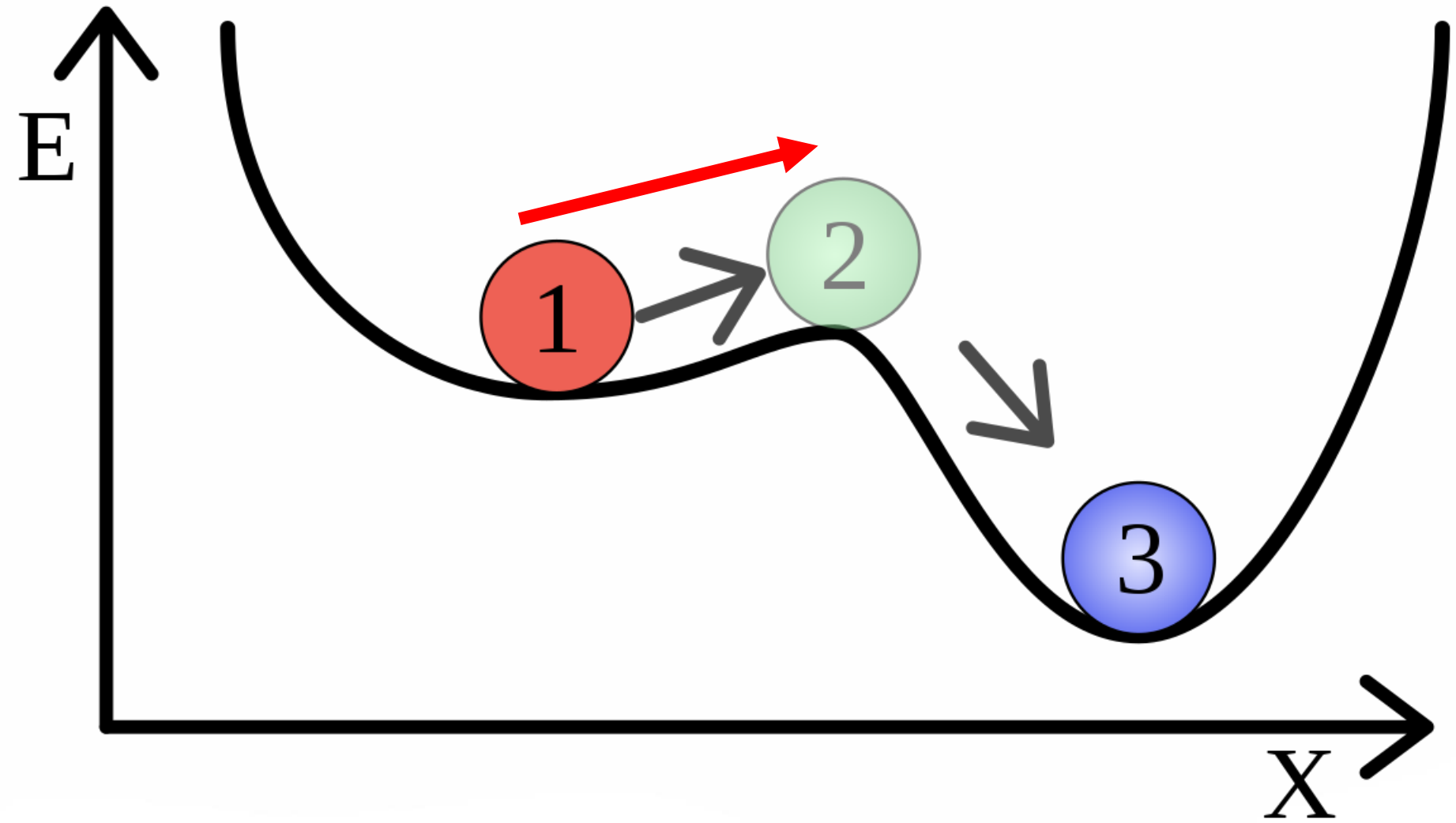
DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCE
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Energy balances



Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA · RILIEVO · TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCE

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHITETTURA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCE

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Pyrotechnology



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCE
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Binders



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

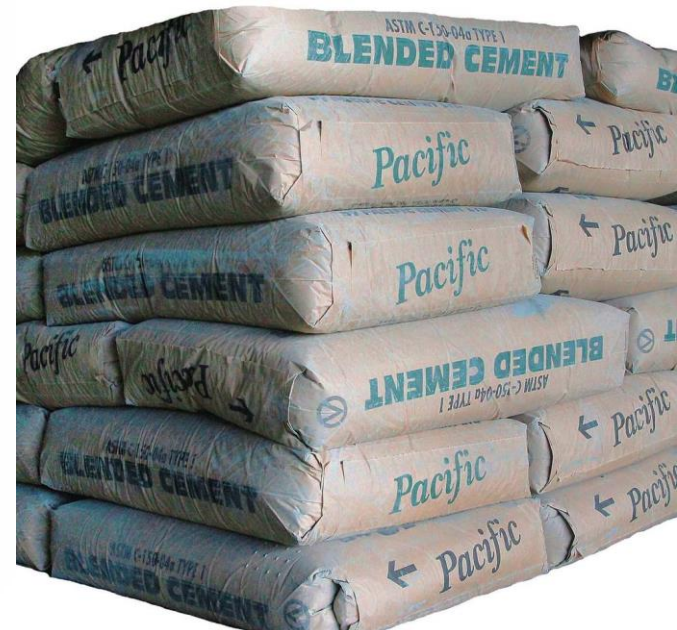
CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

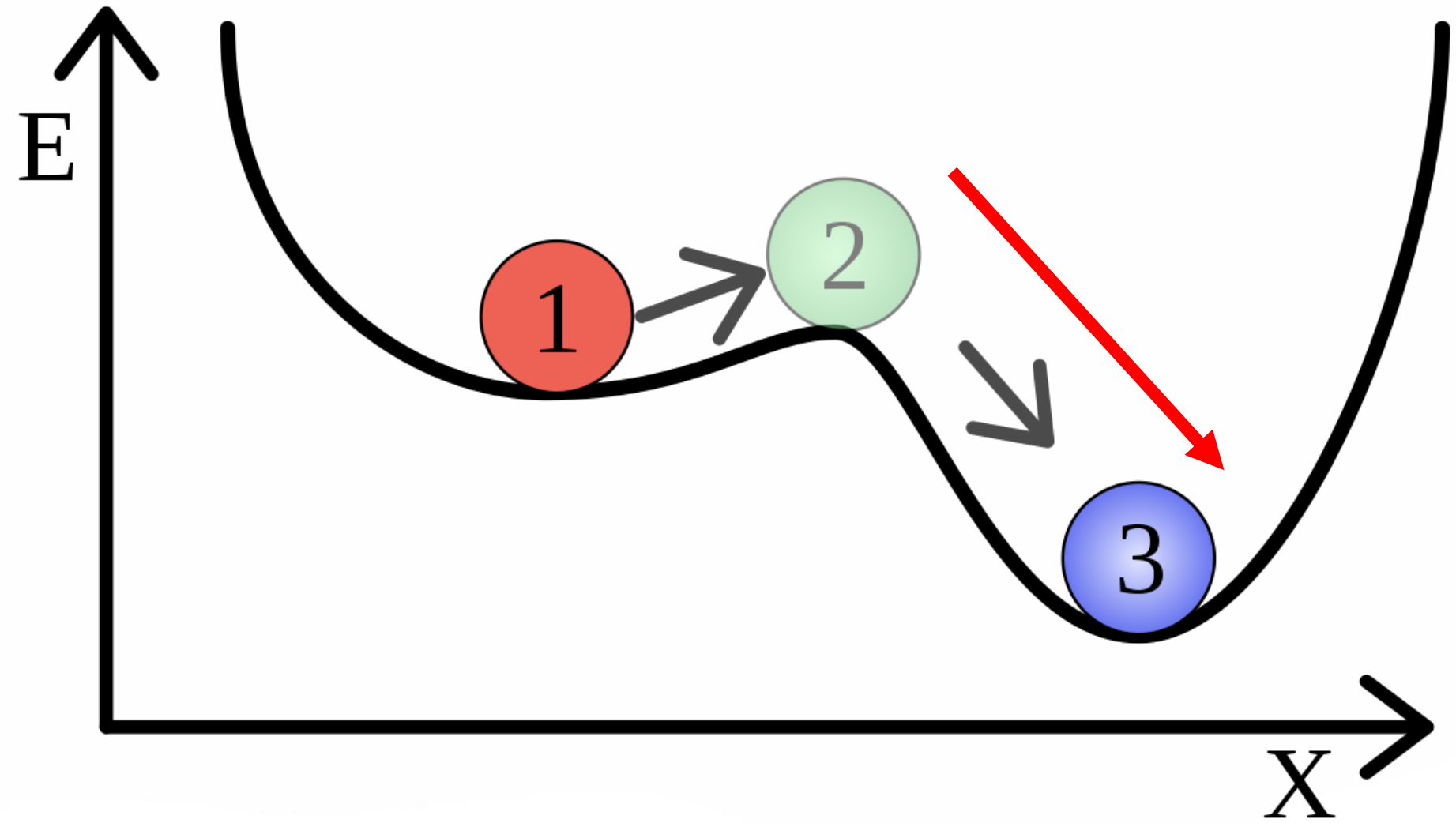
Binders



Binders



Energy balances



Binding reactions



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

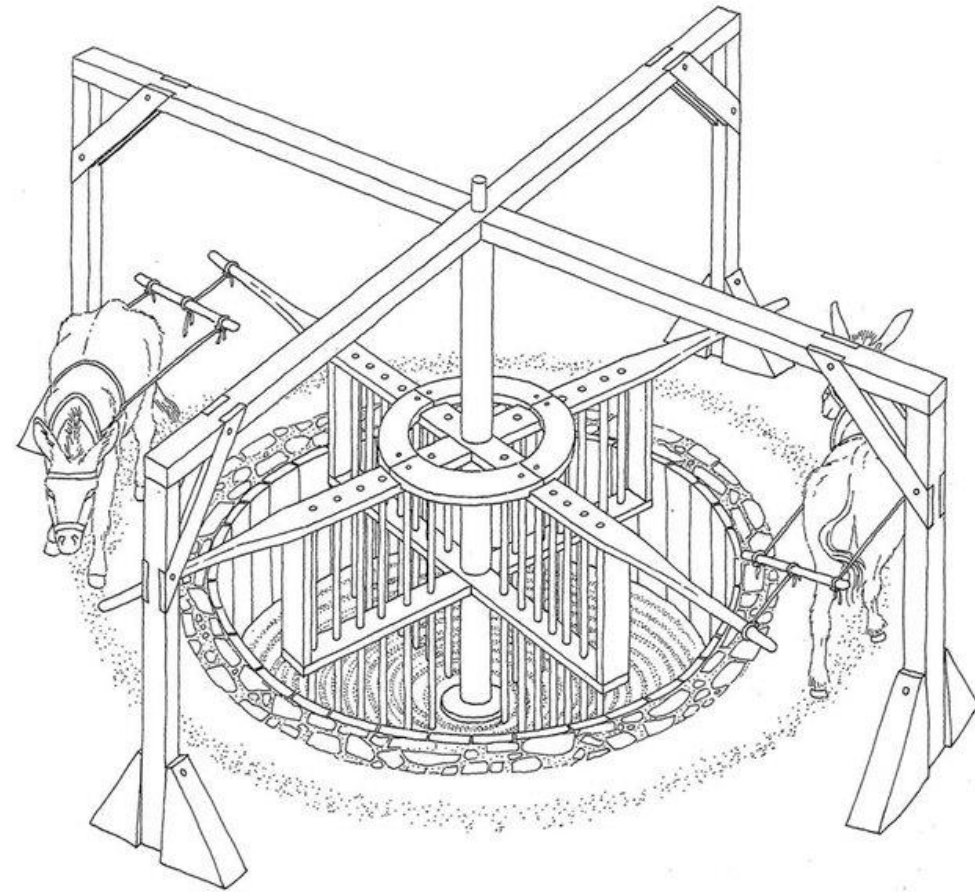
CIBA

CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Binding composites



Binding composites



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Binding composites



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Binding composites



Binding composites



Binding composites

A **composite material** (shortened to **composite**) is a material which is produced from two or more constituent materials.

These constituent materials have notably dissimilar chemical or physical properties and are merged to create a material with properties unlike the individual elements.

Within the finished structure, the individual elements remain separate and distinct.



Masonry

Masonry is the building of structures from individual **units**, which are often laid in and bound together by **mortar**; the term masonry can also refer to the units themselves. The common materials of masonry construction are brick, building stone, cast stone, concrete block, glass block, and adobe.



**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

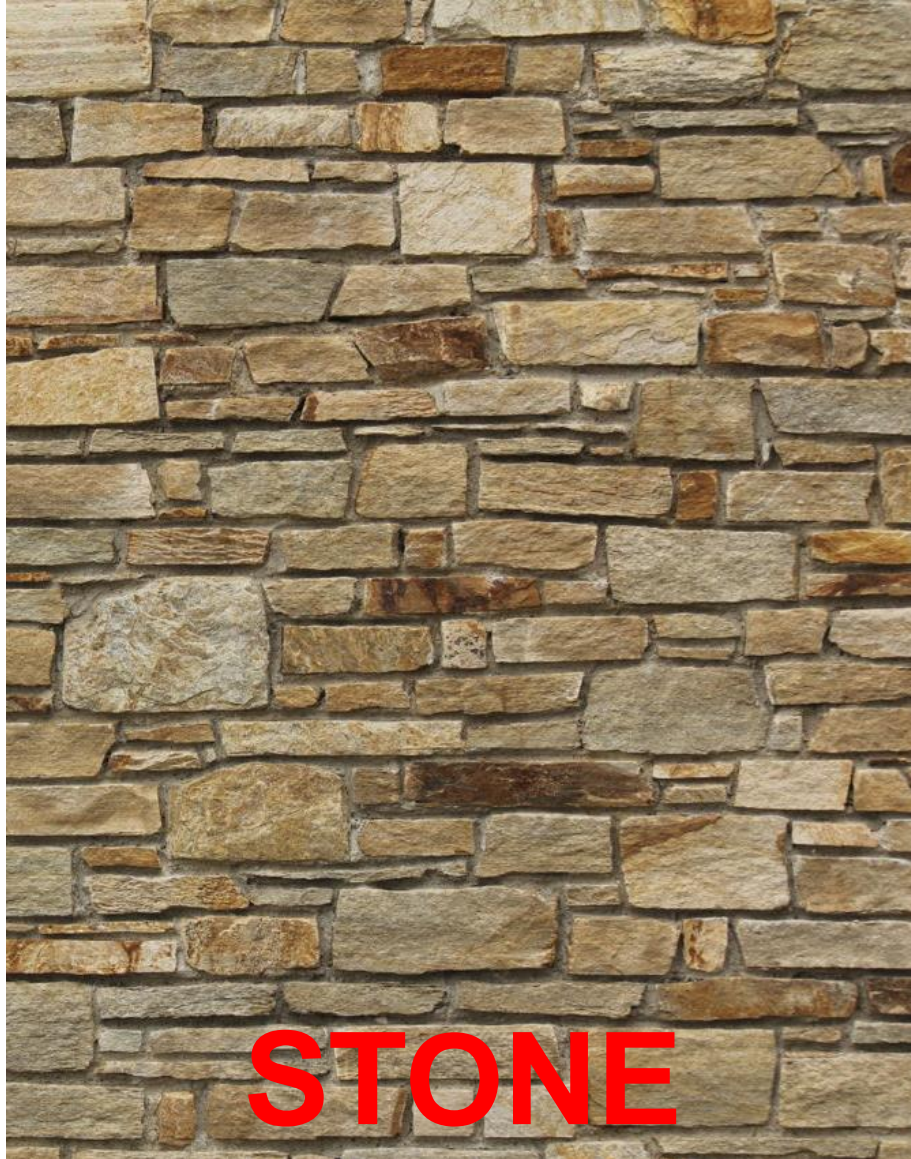


DIPARTIMENTO
DI GEOSCENZE

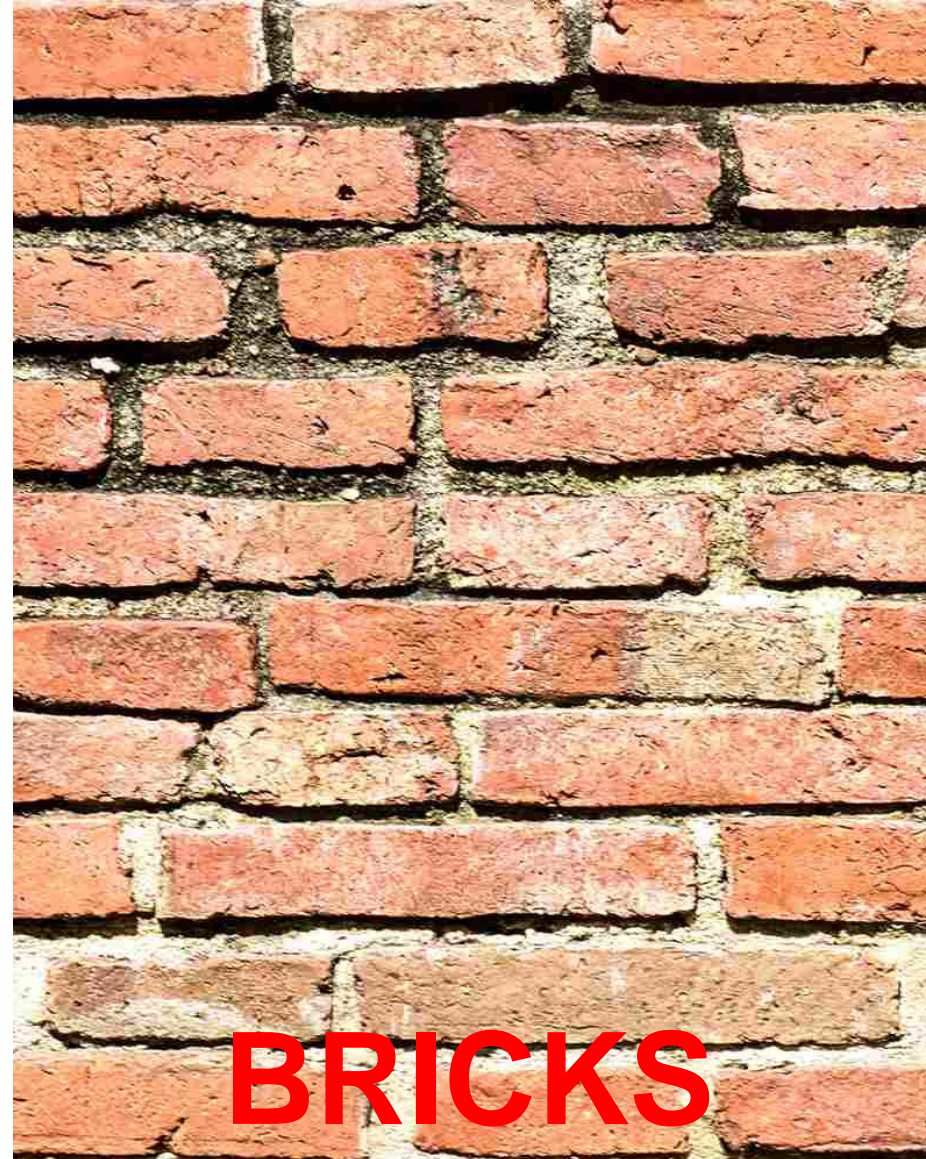
CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

Masonry units



STONE



BRICKS

Mortar

Mortar is a workable paste constituted by a mixture of **sand**, a **binder**, and **water**, which hardens to bind masonry units, to fill and seal the irregular gaps between them, spread the weight of them evenly, and sometimes to add decorative colors or patterns to masonry walls.



Mortar



Concrete

Concrete is a composite material composed of fine and coarse aggregate bonded together with a fluid cement (cement paste) that hardens (cures) over time. The mixture forms a fluid slurry that is easily poured and molded into shape.

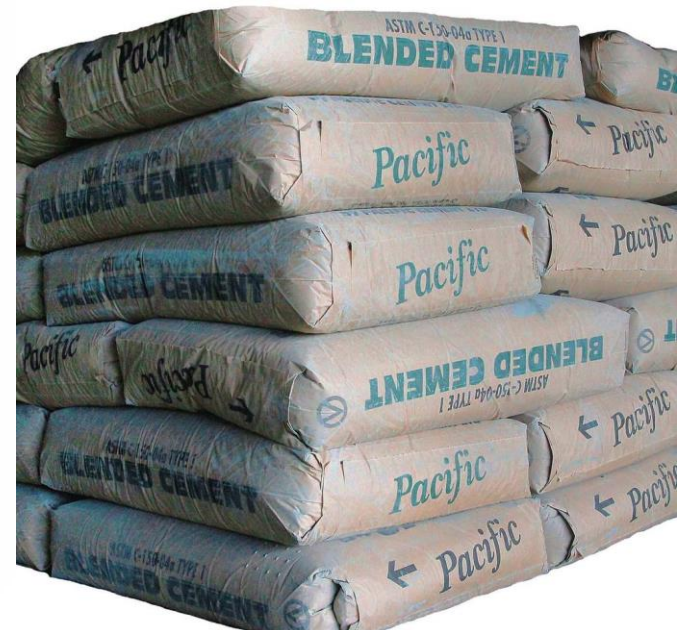


**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Concrete



Binders



Binders

A **binder** or **binding agent** is any material or substance that holds or draws other materials together to form a cohesive whole mechanically, chemically, by adhesion or cohesion.

In a more narrow sense, binders are liquid or dough-like substances that harden by a chemical or physical process and bind fibres, filler powder and other particles added into it.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Materials Properties, Use and Conservation:
Construction Materials and Binders**

Binders classification

Cements based on Portland-type clinkers, mortars (pastes and plasters prepared with fine aggregates), and other binders form an important class of **construction materials**:

- they are all supplied as **powders**
- when mixed with water they form a fluid mass (**paste**) that can be shaped, molded, added to other components, or attached to the surface of other materials
- the paste then **hardens spontaneously** at normal environmental conditions.



Binders classification



Binding materials are used in buildings to the aim of

- (a) making structural elements for constructions,
- (b) increasing the resistance of the construction by linking the structural and architectural elements,
- (c) increasing waterproof and protecting masonry surfaces from environmental degradation,
- (d) preparing substrates for artwork and decorative purposes.

Excluding last century's binders and adhesives based on polymeric compounds, the binders used in antiquity are based on

- carbonates (calcite, dolomite)
- sulphates (gypsum)
- alumino-silicates (cements)

Binders classification

Table 3.6. Main classes of binding compounds produced by pyrotechnology.

<i>Starting reactive material</i>	<i>Production process</i>	<i>Material-water mixture</i>	<i>Final product</i>	<i>Mineral phases in the hardened aged material</i>
Lime-plaster (quicklime)	Calcinations of limestone	Slaked lime (lime putty)	Lime plaster	Calcite
		Slaked lime + fine aggregate	Lime mortar	Calcite + aggregate
		Slaked lime + fine aggregate + pozzolan	Hydraulic mortar (Roman opus caementitium)	Calcite, zeolites, C-S-H + aggregate
	Calcination of dolomite	Slaked magnesia-lime	Dolomitic or magnesian plaster	Calcite, brucite, periclase
Gypsum-plaster (plaster of Paris)	Calcination of gypsum	Bassanite (\pm anhydrite)	Gypsum plaster	Gypsum
		Bassanite + fine aggregate	Gypsum mortar	Gypsum + aggregate
Portland-clinker	Calcinations of limestones+clay	Portland cement paste	Portland cement	Portlandite, C-S-H, calcite
		Portland cement paste + fine aggregate	Portland cement mortar	Portlandite, C-S-H, calcite + aggregate
		Portland cement paste + fine and coarse aggregate	Concrete	Portlandite, C-S-H, calcite + aggregate
		Cement paste + fine aggregate + pozzolan	Pozzolanic Portland cement mortar	Portlandite, C-S-H, calcite, Ca-aluminosilicates

Materials Properties, Use and Conservation: Construction Materials and Binders

THANK YOU FOR YOUR
ATTENTION!



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

dbc
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA . RILIEVO . TECNOLOGIE