

A Firenze il “tempo” del Granduca

di Lucia Lachina

Nucleo Trasversale

Storia della scienza (riferito a Terra e Universo)

Referente scientifico

Giovanni Di Pasquale

Ordine di scuola

Scuola secondaria di primo grado

Livello scolastico

Classe terza

Tempo medio per svolgere il percorso

22 ore

Indice

Scheda generale.....	3
Introduzione al percorso	6
Descrizione del percorso.....	8
Attività 1 – Che tempo fa	11
Attività 2 - Dati e strumenti della meteorologia.....	13
Attività 3 – Conosciamo gli strumenti	21
Attività 4 – I presagi.....	31
Attività 5 – Prevedere il tempo	35
Attività 6 – Storia della meteorologia.....	36
Attività 7 – Verifichiamo i nostri risultati	56
Attività 8 – Redazione del documento finale	56
Indicazioni metodologiche.....	57
Spunti per la valutazione	58
Spunti per altre attività con gli studenti.....	58
Documentazione e materiali.....	59

Scheda generale

Indicazioni per il curriculum

Nell'ambito delle competenze dell'area scientifica l'alunno:

- si pone domande esplicite e individua problemi significativi da indagare a partire dalla propria esperienza, dai discorsi degli altri, dai mezzi di comunicazione e dai testi letti;
- con la guida dell'insegnante e in collaborazione con i compagni, ma anche da solo, formula ipotesi e previsioni, osserva, registra, classifica, schematizza, identifica relazioni spazio/temporali, misura, utilizza concetti basati su semplici relazioni con altri concetti, argomenta, deduce, prospetta soluzioni e interpretazioni, prevede alternative e ne produce rappresentazioni grafiche e schemi di livello adeguato.

Attraverso il percorso proposto inoltre si rinforzano anche traguardi che intrecciano le conoscenze nel campo delle scienze con quelle relative all'educazione tecnologica. L'alunno:

- esplora e interpreta il mondo fatto dall'uomo, individua le funzioni di un artefatto e di una semplice macchina, usa oggetti e strumenti coerentemente con le loro funzioni;
- compara le idee dell'uomo nel loro sviluppo storico e conosce i principali problemi legati all'uso delle scienze nel campo dello sviluppo tecnologico;
- è disposto a confrontarsi con curiosità e interesse e, osservando oggetti del passato, rileva le trasformazioni di oggetti e processi produttivi e li inquadra nelle tappe significative della storia della umanità.

Organizzatori concettuali

I ragazzi sono gradualmente avviati e aiutati a padroneggiare alcuni grandi organizzatori concettuali che si possono riconoscere in ogni contesto scientificamente significativo:

- le dimensioni spazio-temporali e le dimensioni materiali;
- la distinzione tra stati (come le cose sono) e trasformazioni (come le cose cambiano), le interazioni, relazioni, correlazioni tra parti di sistemi e/o tra proprietà variabili;
- la discriminazione fra casualità e causalità;
- il senso della storicità dei saperi e delle conoscenze.

Prerequisiti dello studente

- Capacità di porsi domande a partire dalla propria esperienza, dai discorsi degli altri, dai mezzi di comunicazione e dai testi letti.
- Capacità di raccolta e di analisi di dati.

Obiettivi (lato docente)

- Approfondisce le conoscenze storiche correlate all'argomento proposto.
- Sviluppa la tematica proposta cogliendo l'opportunità dell'utilizzo di un museo come laboratorio per "fare scienza".
- Guida gli allievi alla pratica della documentazione e al suo corretto utilizzo.
- Propone attività di matematizzazione come strumenti per la lettura dei diversi aspetti della realtà esaminata.
- Utilizza il mezzo informatico per predisporre e gestire gli ambienti di lavoro e di comunicazione necessari al percorso e ai suoi approfondimenti.

Obiettivi (lato studente)

- Usare fonti di diverso tipo (documentarie, iconografiche, narrative, materiali, orali, ecc.) per ricavare conoscenze su temi definiti.
- Approfondire e aggiornare le conoscenze sul tempo e sulla meteorologia e acquisire familiarità con la variabilità dei fenomeni atmosferici (venti, nuvole, pioggia, ecc.) attraverso realizzazione di semplici misurazioni, raccolta dati, creazione di un archivio dati, elaborazione dei dati raccolti, interpretazione dei dati.
- Acquisire consapevolezza della storia che c'è dietro ad ogni strumento, le idee e il loro sviluppo nel tempo, i personaggi, le condizioni che hanno consentito di arrivare a concepirlo, costruirlo e utilizzarlo.

Competenze (lato docente)

- Sapere organizzare e guidare gli studenti a una corretta osservazione e rilevazione dei fenomeni naturali.
- Dedicare tempi ampi alla discussione, al dialogo, al confronto, alla riflessione su quello che si fa.
- Sapere approntare un sistema di valutazione di conoscenze e competenze che contempli uso di vari strumenti di verifica (diario di bordo, schede di osservazione, rilievo e tabulazione dati, monitoraggio modalità di lavoro degli allievi, redazione di relazioni, realizzazione di prodotti multimediali, ecc.).

Competenze (lato studente)

- Promuovere negli allievi la dimensione della "storicità" della scienza.
- Sviluppare abilità e competenze in ambito di obiettivi formativi, come promuovere la capacità di formulare domande significative, confrontandosi con i pensieri e le teorie dei personaggi che hanno "costruito" nel tempo il sapere.
- Avviare alla capacità di riconoscere le tracce storiche presenti sul territorio e comprendere l'importanza del patrimonio artistico e culturale.
- Educare all'utilizzo della multimedialità per la documentazione del percorso didattico e l'archiviazione dei dati e dei risultati raggiunti.

Concetti chiave

- Relazioni forma/funzione/materiali.
- Fenomeni meteorologici: osservazione e interpretazione.
- Proprietà dei materiali.
- Strumenti: come funzionano e come si costruiscono.

Introduzione al percorso

Il percorso si propone di sviluppare, in concomitanza con un'attività pratica di rilevamento delle condizioni meteo quotidiane (utilizzando una semplice capannina meteorologica) utile per un primo approccio degli allievi con le tematiche della dinamica dell'atmosfera, una ricerca che renda consapevoli i ragazzi della storia che c'è dietro a ogni strumento, le idee e il loro sviluppo nel tempo, i personaggi e le condizioni che hanno consentito di arrivare a concepirlo, costruirlo e utilizzarlo.

Si propone un confronto fra gli strumenti di misura delle condizioni meteorologiche odierni con gli strumenti antichi osservabili con una visita al museo Galileo di Firenze, molti dei quali sono stati pensati e prodotti dal gruppo di scienziati che faceva parte dell'Accademia del Cimento , fondata a Firenze nel 1657.

Per quest'attività occorre preparare schede di osservazione (costruite in precedenza) che saranno utilizzate dagli allievi durante la visita.

Il percorso può comunque essere svolto con la visita a qualsiasi altra collezione di strumenti meteo antichi o in ultima alternativa attraverso una "visita virtuale" del museo fiorentino che ha un ottimo sito web.

Come approfondimento alla visita o, in alternativa, come percorso autonomo utilizzando il sito del museo stesso, si propone la visione di filmati, la lettura di testi scelti appositamente dall'insegnante da testi originali (ad esempio piccoli brani tratti da "Saggi di Naturali Esperienze ") e una ricerca di informazioni storiche anche utilizzando prevalentemente internet.

Si prende anche in esame lo sviluppo dell'idea di potere ottenere dati da diverse zone della Terra, idea che ebbe per primo Ferdinando II de' Medici che inviò in diverse città d'Europa degli strumenti (termometri, anemoscopi, barometri, igrometri) con lo scopo di ottenere i dati delle osservazioni effettuate, creando praticamente la prima rete di informazioni meteo, che funzionò regolarmente fino al 1667.

La creazione e lo sviluppo della moderna meteorologia poté diventare una realtà praticabile solo dopo che l'invenzione del telegrafo fornì la possibilità di potere scambiare i dati tra varie stazioni e rese possibile la creazione di una rete di osservazioni sinottiche che portò, per la prima volta, alla realizzazione della prima carta meteorologica, nel 1845.

Si propone anche l'idea di costruire semplici modellini di strumenti e anche una "capannina meteo".

Descrizione del percorso

Il percorso mostra passo dopo passo – attraverso immagini, video, animazioni, brevi testi - le procedure per realizzare le esperienze in classe, evidenziandone la fattibilità e nello stesso tempo l'efficacia dal punto di vista didattico.

ATTIVITÀ 1 – Che tempo fa

Attraverso la visione di stralci di trasmissioni, di previsioni del tempo e una breve analisi di materiale informativo sulle condizioni meteo, si guidano gli allievi a individuare quali sono i dati meteorologici, come si raccolgono e che significato si può dare a questi dati.

ATTIVITÀ 2 – Come si raccolgono i dati

Si guidano gli allievi a individuare quali informazioni ci danno i dati e gli strumenti necessari a misurare i parametri del tempo meteorologico. Si riflette sui modi corretti per rilevare i dati e sul significato che si può dare a questi.

Si ricercano e forniscono indicazioni per la realizzazione di una semplice stazione di raccolta dati meteo e si organizzano le osservazioni e i rilievi.

ATTIVITÀ 3 – Conosciamo gli strumenti

Un breve percorso informativo per portare gli allievi alla conoscenza delle caratteristiche degli strumenti e delle unità di misura utilizzate.

In questa attività si riflette anche sui principi di funzionamento e le caratteristiche costruttive degli strumenti.

ATTIVITÀ 4 – I presagi

L'uomo, fin dall'antichità, ha sempre avuto interesse a poter prevedere l'andamento del tempo. Possiamo fare un breve intervento nel quale presentiamo agli allievi alcuni aspetti delle antiche credenze. Questa parte del percorso potrebbe essere sviluppata in concerto con il docente di italiano e/o storia. È un approfondimento interessante per fare comprendere ai ragazzi che l'andamento del tempo è sempre

stato molto importante per l'uomo, che ha sempre cercato di osservare, descrivere, porsi domande e interpretare i fenomeni naturali. È un'attività di approfondimento, perciò non è indispensabile svilupparla nel percorso.

ATTIVITÀ 5 – Dai presagi alle previsioni

Oggi i misteriosi fenomeni osservati dagli antichi sono stati spiegati e, attraverso gli strumenti che l'uomo ha costruito, possiamo rilevare le caratteristiche del "tempo" in un certo momento. Ma è possibile prevedere "che tempo farà"?

Si propone un breve percorso di informazione sui moderni sistemi di previsioni del tempo.

Questo argomento potrebbe essere approfondito ulteriormente e correlarsi con il percorso proposto nel tema Terra e Universo, "Cambiamenti climatici e disastri ambientali: i cicloni mediterranei" di Roberta Seravall.

ATTIVITÀ 6 – Storia della meteorologia

Quando sono stati ideati e costruiti gli strumenti che noi oggi utilizziamo?

Ricostruiamo la storia: personaggi, osservazioni, ragionamenti, difficoltà, insuccessi e successi, ecc.

Si possono prevedere due "itinerari" per questa attività:

- il primo prevede la visita a una raccolta di antichi strumenti meteo e un successivo approfondimento di documentazione attraverso varie risorse quali filmati, consultazione di testi, biografie, immagini, ecc.
- il secondo è invece sviluppato tutto all'interno della classe utilizzando il sito web del museo Galileo di Firenze.

In tutti i casi il lavoro si conclude con la produzione di un documento sulla visita effettuata e sugli approfondimenti svolti sia in classe che individualmente dagli allievi (ad esempio una piccola messa in scena di una ipotetica sessione dell'Accademia in cui gli allievi interpretano la parte degli scienziati secenteschi che presentano i loro strumenti).

ATTIVITÀ 7 – Verifichiamo i nostri risultati

Mentre si sviluppano le parti storiche del percorso si continua l'attività di raccolta dati e alla fine si elaborano tabelle e grafici che documenteranno le variazioni meteo nel periodo di osservazione.

ATTIVITÀ 8 – Redazione del documento finale

Un documento finale raccoglie tutte le fasi del percorso.

Attività 1 – Che tempo fa

Tempo medio per svolgere l'attività in classe: 2 ore

Introduzione all'attività

"Anche oggi piove". "Domani farà bel tempo". "Domenica c'è la partita di calcetto".

Le informazioni sul tempo sono utili per tutti e ormai sono presenti in tutte le trasmissioni radiotelevisive, giornali, siti web e le ascoltiamo ogni giorno.

Il linguaggio utilizzato ci è abbastanza familiare e comprensibile, perciò non sarà difficile, presentando alcuni documenti (video, carte meteorologiche, ecc.), mettere in evidenza con i nostri allievi quali sono gli aspetti e i dati specifici della meteorologia.

Descrizione dell'attività

L'insegnante presenta un filmato e/o un documento sulle previsioni del tempo (come, ad esempio, un vecchio video di "[Che tempo fa](http://youtu.be/PeBDzIH_drE)" - http://youtu.be/PeBDzIH_drE, la storica trasmissione della Rai sulle condizioni meteorologiche, o il sito de [ilMeteo](http://www.ilmeteo.it) - www.ilmeteo.it/meteo-video/oggi per il tempo del giorno) e propone agli allievi alcune domande.

Domande per gli allievi

- Quali sono i dati meteorologici che si possono ricavare dal filmato (temperatura, pressione ecc.)?
- Come si raccolgono i dati meteorologici?
- Che significato si può dare a questi dati?
- Sono utili e/o indispensabili per dare informazioni sul "tempo" futuro?

Dalla discussione seguita alla proiezione si potrà ricavare l'elenco di dati che ci vengono forniti dalle informazioni meteorologiche:

- temperature minime e massime;
- umidità;
- pressione;
- quantità di pioggia o neve;
- direzione e velocità dei venti;
- stato dei mari.

Nella prossima attività ci occuperemo di come vengono rilevati e registrati questi dati.

Attività 2 - Dati e strumenti della meteorologia

Tempo medio per svolgere l'attività in classe: circa 3 ore

Introduzione all'attività

I fenomeni meteorologici condizionano gli esseri umani in tutte le loro attività, abbiamo visto anche recentemente quali e quanti danni possano causare la pioggia troppo intensa o le forti nevicate

Questi fenomeni sono il campo di indagine di scienziati (fisici dell'atmosfera) che si occupano di raccogliere, valutare i dati dei parametri atmosferici, mettendoli a confronto con quelli del passato e attraverso l'elaborazione di modelli di comportamento dell'atmosfera, potere prevedere l'evoluzione del tempo futuro con sempre crescente attendibilità.

Possiamo fare diventare i nostri allievi dei piccoli "fisici dell'atmosfera", limitandoci ovviamente alla parte della raccolta dei dati e a una semplice analisi del loro significato.

Il cortile della scuola o un piccolo spazio esterno possono diventare la nostra stazione meteorologica anche con poche risorse a disposizione; la raccolta dei dati, la tabulazione, l'eventuale confronto con dati del passato ci permetterà di valutare l'andamento del tempo rendendo gli allievi consapevoli rispetto alle informazioni fornite quotidianamente dai vari media.

In questa prima attività proposta ci si informa su come costruire una stazione di raccolta dati e si organizza la raccolta dati.

Nell'attività 7, a fine percorso, si elaborano i dati dei vari parametri meteo raccolti e se ne analizza l'andamento.

Quest'attività si sviluppa in due fasi.

Descrizione dell'attività

STEP 1 – COME SI RACCOLGONO I DATI

È importante che i ragazzi si rendano conto che si devono rispettare alcune regole perché i dati meteo che si ottengono dagli strumenti abbiano un valore significativo.

Iniziamo il lavoro con questa semplice esperienza che ci aiuterà a capire il problema.

- Posizioniamo due o più termometri, all'esterno, in luoghi diversi della scuola (es. davanzali delle finestre esposti a orientamenti diversi).
- Rileviamo i dati di temperatura, verosimilmente saranno diversi.
- Discutiamone con la classe .

Arriveremo alla conclusione che è necessario avere una norma su come raccogliere i dati.

Dunque il nostro primo lavoro sarà di informarci sui modi corretti per raccogliere i dati; una ricerca sul web ci darà le risposte che cerchiamo.

Possiamo consultare il sito di [MyMeteoNetwork](http://wiki.meteonetwork.it/index.php/MyMeteoNetwork) (<http://wiki.meteonetwork.it/index.php/MyMeteoNetwork>), dal quale è possibile ricavare i dati esposti nella tabella seguente e, se la nostra scuola ha un giardino o comunque una zona aperta, prendiamo in considerazione la possibilità di costruire una capannina meteo secondo le norme sottoesposte.

Stazioni Meteo Semiurbane						
	Altezza dal suolo (m)		Superficie	Protezione	Esposizione	Localizzazione preferibile
	Min	Max				
Termometro / Igrometro	1,6	2	Erbosa / Terreno	Schermo solare / Capannina	Campo aperto / sud	Almeno 2 metri da alberi, siepi, etc. Almeno 3 metri da muri
Pluviometro	1	//				Dove non risenta di eventuali ostacoli
Anemometro	2	10				
Stazioni Meteo Urbane						
	Altezza dal suolo (m)		Superficie	Protezione	Esposizione	Localizzazione preferibile
	Min	Max				
Termometro / Igrometro	1,5	//	Qualunque, NO su asfalto	Schermo solare / Capannina	A sud / sud ovest	Almeno 1 metro dalla ringhiera del balcone. Almeno 2 metri da muri
Pluviometro	//	//				Dove non risenta di eventuali ostacoli
Anemometro	2	10				Dove non risenta di eventuali ostacoli

STEP 2 - FACCIAMOLO ANCHE NOI

Per organizzare una semplice stazione per l'osservazione e la raccolta di dati sulle condizioni atmosferiche quotidiane ci servono alcuni strumenti.

Strumenti

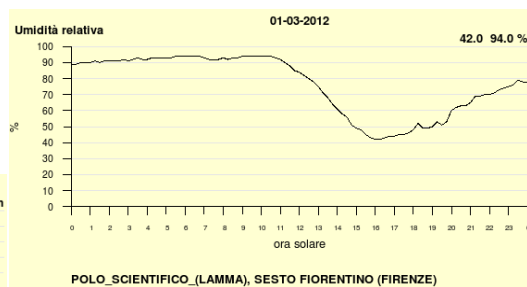
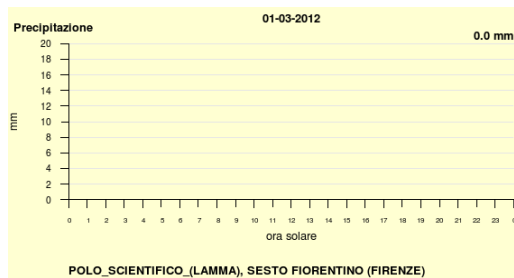
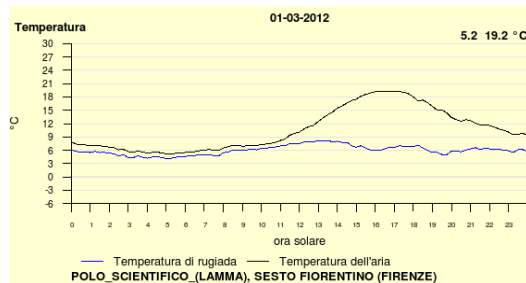
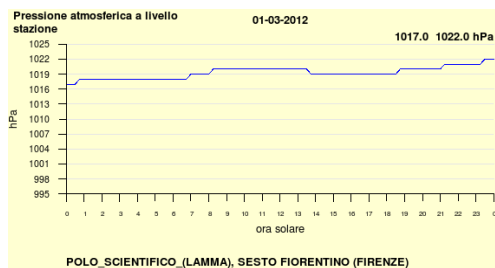
- Barometro (per la misurazione della pressione atmosferica)
- Termometro a massima e minima (per la misurazione della temperatura)
- Igrometro (per la misurazione dell'umidità atmosferica)
- Pluviometro (per la misurazione delle quantità di pioggia)
- Anemometro (per la misurazione della forza e della direzione dei venti)

L'insegnante deve preoccuparsi di organizzare i turni per la raccolta dati, su schede predisposte, che deve proseguire per almeno 3/ 4 settimane.

Ci sono punti di criticità legati al fatto che la domenica non si possono raccogliere i dati, che il lunedì il dato della temperatura è non significativo, e che il dato dei millimetri di pioggia dovrebbe fare riferimento alla pioggia caduta nelle 24 ore ma non è possibile svuotare il pluviometro a mezzanotte.

Si raccolgono giornalmente anche i dati di una stazione ufficiale meteo della propria zona attraverso internet, per metterli a confronto con quelli raccolti a scuola.

Dati meteo del giorno



La nostra stazione meteorologica

La capannina è stata realizzata (vedi [Allegato Allestimento stazione meteo](#)) dal nostro falegname, in legno con pareti a persiana in grado di impedire ai raggi solari di colpire gli strumenti, ma di consentire allo stesso tempo una libera circolazione dell'aria.

Per il posizionamento abbiamo cercato, per quanto possibile, di seguire le norme dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e abbiamo individuato uno spazio all'interno del giardino della scuola: un luogo aperto, sufficientemente lontano da edifici, alberi o pali.



La nostra capanna meteo prima di essere verniciata di bianco

La nostra capannina meteorologica è costituita dai seguenti strumenti di misura che erano già presenti nel nostro laboratorio:

- Termometro
- Barometro
- Igrometro
- Pluviometro

Termometro: abbiamo utilizzato un semplice termometro a max-min. Lo strumento misura temperature comprese tra -30°C e $+50^{\circ}\text{C}$ ed è stato ancorato alla parete posteriore della capannina. Abbiamo posizionato nella capannina anche un altro termometro in altra posizione, per confrontare i dati; ci siamo infatti resi conto che

il posizionamento a contatto con la capannina potrebbe influenzare le letture a causa di riscaldamento o raffreddamento della capannina stessa.

Barometro: tipo aneroide, in grado di misurare pressioni atmosferiche in intervalli tra 955 mbar e 1075 mbar.



Barometro, igrometro, termometro

Igrometro: misura valori di umidità

relativa dell'aria compresi tra 0% e 100% con una precisione di 1%.

Pluviometro: il nostro pluviometro è del tipo PROF. HELLMAN. È uno strumento semplice ma di livello già professionale, che consente di misurare direttamente e precipitazioni. È diviso in due parti, unite da una staffa che serve a fissarlo a un palo. Nella metà superiore si trova l'imbuto, in quella inferiore il serbatoio per l'acqua, sufficiente per una precipitazione di circa 120 mm.









All'interno è contenuto un bicchierino graduato per la misura della pioggia.



Predisporre una tabella tipo per la raccolta dati.

Data	Stato del cielo	Temperatura °C Min max		Pressione hPa	Umidità relativa	Pioggia mm

Per lo stato del cielo, possiamo chiedere agli allievi di ideare loro stessi dei simboli oppure avvalerci di un sistema già organizzato come il seguente:

	sereno
	poco nuvoloso
	parzialmente nuvoloso
	nuvoloso
	poco nuvoloso piovvaschi
	parzialmente nuvoloso rovesci di pioggia
	rovesci di pioggia
	coperto pioggia

Attività 3 – Conosciamo gli strumenti

Tempo medio per svolgere l'attività in classe: 5/6 ore

Introduzione all'attività

Si svolge un breve esame degli strumenti che si utilizzano.

Oggigiorno, nelle nostre case, è facile che sia presente una stazione meteorologica di tipo digitale, spesso addirittura collegata ad internet; per mia esperienza, devo dire che, pur essendo strumenti molto comuni e conosciuti, non è detto che i nostri allievi abbiano avuto modo di osservarli con attenzione e meno che mai di porsi interrogativi sul funzionamento degli strumenti che propongo di utilizzare nella nostra rilevazione quotidiana delle condizioni meteorologiche.

Scegliere però questi strumenti ci permette di far riflettere i nostri allievi su molti aspetti del problema e, ad esempio, possiamo cercare di dare risposte a tutta una serie di domande.

I nostri strumenti

- Che cosa misurano?
- Quali scale di misura sono le più utilizzate?
- Come funzionano?
- Che cosa vuol dire "tarare" uno strumento?

Descrizione dell'attività

Alcuni semplici strumenti potrebbero essere progettati e costruiti dai ragazzi: questo sarebbe utile per far riflettere sul fenomeno naturale sul quale si indaga e comprendere i principi di funzionamento dello strumento di misura.



Iniziamo chiedendo ai nostri allievi, suddivisi in gruppi di lavoro (uno per ogni strumento), di recuperare informazioni sui vari strumenti – ricordando loro che devono sempre riportarci la fonte (sito, libro, articolo, ecc.) da cui hanno ricavato l'informazione (vedi [Allegato Informazioni raccolte](#)) – e poi diamo loro ordine costruendo con un cartellone, un ppt o la LIM in classe, un documento condiviso.

Già in questa prima attività i nostri allievi troveranno notizie relative alla storia di questi strumenti: possiamo raccogliere anche queste informazioni realizzando delle schede, che utilizzeremo successivamente anche nella parte più "storica" del nostro percorso.

Ovviamente osserveremo anche direttamente gli strumenti che metteremo nella capannina.

Durante quest'attività solleciteremo gli allievi con opportune domande di riflessione. Riportiamo qui alcuni esempi di attività per alcuni strumenti.

Termometro

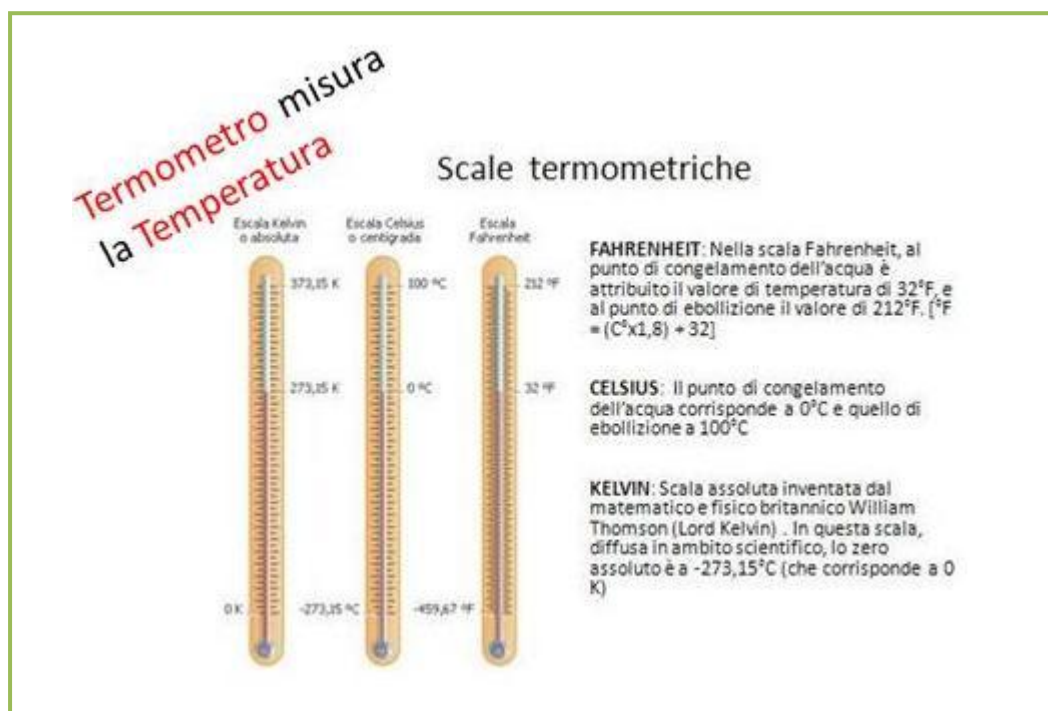
Chiediamo ai nostri allievi di riferire le informazioni che hanno trovato creando delle schede (mostrate sotto), e diamo risposta ad alcune domande.

"Quanti tipi di termometri conosciamo e/o usiamo?"

Discutiamo insieme quando e per cosa usiamo i vari tipi di termometri.

"Che cosa misurano? Quali scale di misura sono le più utilizzate?"

Dalle informazioni raccolte i ragazzi hanno ricavato le seguenti informazioni:



"Come funzionano?"

I comuni termometri sono basati sulla proprietà che hanno gas, liquidi e solidi di dilatarsi o contrarsi in funzione delle variazioni di temperatura. Fino a pochi anni fa il più diffuso era il termometro a mercurio adesso si utilizza termometro ecologico in vetro che contiene all'interno del capillare un composto molto simile, per quanto concerne le proprietà fisiche, al mercurio che ha il particolare privilegio di non essere inquinante e tossico per l'uomo e l'ambiente. Si tratta della lega di Gallio, Indio e Stagno chiamata "Galinstan".



Il termometro digitale si compone di una sonda, contenente il sensore, che è connessa al resto del circuito (condizionamento, misura e visualizzazione) tramite un filo.



Ci sono anche termometri a raggi infrarossi

"Che cosa vuol dire tarare uno strumento? Il nostro termometro darà la temperatura esatta? Funzionerà in modo corretto? Come facciamo a verificarlo?"

Sembra un problema facilmente risolvibile ma, se non si è mai affrontato il problema della costruzione di scale di misura convenzionali e condivise, non sempre è così e, prima che si arrivi ad utilizzare per l'ideazione delle scale di misura della temperatura, i punti fissi dell'acqua come sistemi di riferimento, occorre una discussione in classe nella quale si esaminano e verificano le proposte.

Possiamo anche realizzare la semplice esperienza di taratura del termometro (vedi [Allegato Taratura termometro](#)).

Osserviamo adesso il termometro che utilizziamo per la nostra stazioncina meteo.



Lo stesso schema di indagine può essere utilizzato per gli altri strumenti. Probabilmente, in questo caso, gli allievi ci forniranno indicazioni in minor numero, meno "personali" e più tecniche, perché barometri, igrometri, ecc., non sono strumenti utilizzati comunemente. La metodologia di indagine suggerita per il termometro può essere comunque applicata anche per questi (vedi [Allegato Costruire un termoscopio](#)).

Barometro

Per questo strumento le notizie ricavate sono molto più "tecniche"; lo strumento è infatti di uso meno comune e meno familiare per i nostri allievi, ma possiamo costruire comunque le nostre schede condivise (vedi [Allegato Come si costruisce un barometro](#)).

"Che cosa misura? Quali scale di misura sono le più utilizzate?"

Barometro

È lo strumento di misura per la pressione atmosferica. Il primo barometro fu ideato da Evangelista Torricelli nel XVII sec. Misurando l'altezza della colonna si può calcolare la pressione atmosferica. Per questo motivi spesso la pressione è indicata in *millimetri di mercurio* (mm Hg), attualmente l'unità di misura corretta nel sistema internazionale è il Pascal. Il peso di una colonna d'aria di 760 mm di mercurio corrisponde a 760 torr e a 1013,25 ettopascal (hpa) o mb (millibar), oppure 1 atmosfera.



Un tipo di barometro molto utilizzato in meteorologia, anche se un po' meno preciso, è quello detto aneroide; è costituito da una capsula metallica nella quale viene prodotto un vuoto parziale. La capsula si contrae o si dilata in conseguenza dei cambiamenti di pressione i movimenti sono trasmessi ad una lancetta indicatrice tramite un sistema meccanico.

"Come funzionano?"



Barometro a bilancia di Cecchi
ciò che viene rilevato non è il livello del mercurio, ma il suo "peso"
<http://catalogo.museogalileo.it/oggetto/BarometroBilanciaCecchi.html>

Barometro di Jean Fortin (1750-1831)

Si tratta di un barometro del tipo a vaschetta. Il mercurio si trova in un tubo di vetro che pesca in una vaschetta con le pareti parzialmente di vetro, in modo da poter controllare il livello del mercurio. La vaschetta è chiusa, in modo da non far uscire il mercurio, ma non è impermeabile all'aria e quindi alle variazioni della pressione atmosferica.

<http://www.museocrescenziapacinotti.it/>



Barometro aneroide il cui organo sensibile alla pressione è una scatola metallica, detta capsula barometrica, che trasmette le deformazioni a un indice scorrevole su un quadrante suddiviso in millibar o in mmHg.

<http://fisica.cattolica.info/biblioteca/strumenti/barometro.htm>



Lancetta fissa
Lancetta mobile

Quadrante

Igrometro

“Che cosa misura? Quali scale di misura sono le più utilizzate?”

Strumento di misura dell' umidità relativa dell'aria (vedi [Allegato Costruire un igrometro](#)), ovvero il rapporto tra l'[umidità assoluta](#) (http://it.wikipedia.org/wiki/Umidit%C3%A0_assoluta) , definita come la quantità di [vapore acqueo](#) (http://it.wikipedia.org/wiki/Vapore_acqueo) presente nell'atmosfera in un dato istante, e l'[umidità di saturazione](#) (<http://it.wikipedia.org/wiki/Umidit%C3%A0>) , cioè la quantità massima di vapore acqueo che può essere presente ad una data [temperatura](#) (<http://it.wikipedia.org/wiki/Temperatura>) e [pressione](#) (<http://it.wikipedia.org/wiki/Pressione>) .

I valori sono espressi in percentuale, il più semplice è l'igrometro a capello anche se non è il più preciso.

“Come funziona?”

È costituito da un fascetto di capelli sgrassati fissati ad un estremo ed avvolti intorno ad una puleggia, provvista di un indice, che reca all'altra estremità un peso che lo tiene teso. I capelli hanno la proprietà di variare di lunghezza a seconda del grado di umidità. Di tanto in tanto lo strumento va tenuto in aria satura, così si rigenera (se è esposto all'aperto tale rigenerazione avviene normalmente di notte e non pone problemi); inoltre lo si sottopone a taratura. Nei tipi più semplici, la taratura va effettuata sovente mettendo lo strumento per circa mezz'ora in un panno bagnato e regolando l'indice su 95%.



Un altro tipo di igrometro è quello rappresentato da un termometro a bulbo asciutto e da un termometro bagnato e che prende il nome di psicrometro: uno strumento costituito da due termometri. Il bulbo di uno di questi è avvolto da una

striscia di mussola una estremità della quale pesca in una vaschetta contenente acqua. Quando c'è poca umidità l'acqua, che per capillarità bagna la mussola, evapora in maggior quantità. Evaporando, sottrae calore e il termometro con il bulbo bagnato segna una temperatura più bassa dell'altro. Dalla differenza delle due temperature, consultando apposite tavole, si può calcolare l'umidità relativa dell'aria. Inoltre la temperatura segnata sul termometro a bulbo bagnato rappresenta la temperatura di rugiada (o punto di rugiada).



Psicrometro

Curiosità



L'igrometro a capello era spesso utilizzato per costruire casette segnatempo



Sostanze igroscopiche venivano usate per realizzare statuine segnatempo

Pluviometro

"Che cosa misura? Quali scale di misura sono le più utilizzate?"

Il pluviometro (vedi [Allegato Costruire un pluviometro](#)) è lo strumento utilizzato per misurare la quantità di pioggia caduta, i valori sono espressi in millimetri su metro quadrato.

"Come funziona?"

Un semplice pluviometro manuale è costituito da un apposito vaso cilindrico dotato di una scala graduata. L'altezza dell'acqua che riempie il vaso equivale alla pioggia caduta che si misura in millimetri.

Si può avere un pluviometro più preciso costituito da un imbuto che raccoglie le acque in un recipiente graduato, disposto ad una certa altezza dal suolo (sotto possiamo vedere due pluviometri)



Si ha un pluviografo se il recipiente di raccolta della pioggia viene collegato ad un cilindro ruotante su cui un pennino muovendosi verticalmente (per mezzo di un galleggiante) traccia, su una griglia di carta un segno. Con questa strumentazione è possibile definire ogni ora quanti mm di pioggia sono caduti poiché sull'ascissa si ha il tempo ed sull'ordinata l'altezza della pioggia.



In tutti i casi è molto importante che sia installato in un luogo aperto, libero da ostacoli.

Banderuola, manica a vento, anemometro

Sono gli strumenti che ci danno informazioni sui venti.

Il vento è generato dal movimento delle masse d'aria, perciò le sue caratteristiche principali sono la direzione di provenienza e la velocità.

"Che cosa misura? Quali scale di misura sono le più utilizzate?"

Vediamo la scheda seguente creata dai ragazzi, che illustra gli strumenti di misura della direzione e/o velocità del vento (vedi [Allegato Costruire un anemometro](#)).

Misurare il vento

Caratteristiche:
Direzione di provenienza
Intensità (m/sec, nodi)



Banderuola



La rosa dei venti



Anemometro

La velocità del vento si misura con uno strumento detto anemometro (dal greco anemos, vento). Nei più semplici, tre o quattro coppette fissate su un asse rotante vengono fatte girare dal vento. La rotazione, proporzionale alla forza del vento, viene registrata da un contagiri e convertita in velocità.

Scala Beaufort della forza del vento

Forza	Termini descrittivi		m/sec	Effetti del vento
0	Calma	Calme	0,0-0,2	Fumo verticale
1	Bava di vento	Très légère	0,3-1,5	Fumo inclinato
2	Brezza leggera	Légère brise	1,6-3,3	Appena sensibile
3	Brezza tesa	Pétit brise	3,4-5,4	Movimento delle foglie
4	Vento Moderato	Jolie brise	5,5-7,9	Movimento dei rami sottili
5	Vento teso	Bonne brise	8,0-10,7	Movimento dei rami grossi
6	Vento fresco	Vent frais	10,8-13,8	Vento fischia
7	Vento forte	Grand frais	13,9-17,1	Movimento degli alberi
8	Burrasca	Coup de vent	17,2-20,7	I tronchi si piegano
9	Burrasca forte	Fort coup de vent	20,8-24,4	Tegole cadono
10	Tempesta	Tempête	24,5-28,4	Alberi si rompono
11	Tempesta violenta	Violent tempête	28,5-32,6	Tetti volano
12	Uragano	Uragano	32,7 e oltre	Muri cadono

Attività 4 – I presagi

Tempo medio per svolgere l'attività in classe: 1 ora

Introduzione all'attività

L'idea di potere prevedere il tempo è sempre stato di grande interesse per l'uomo, sia in antichità che oggi. Dal tempo dipendevano molti aspetti della vita, come l'agricoltura, la caccia, gli spostamenti per mare e per terra, e molte di queste attività dipendono tuttora dalle condizioni del tempo.

Nei tempi lontani gli uomini avevano molta dimestichezza con la natura e cercavano di cogliere i suoi segni: la direzione e il mutare improvviso di un vento, l'umidità dell'aria, le caratteristiche delle nuvole, gli atteggiamenti di piante e animali erano tutti aspetti dai quali si potevano trarre presagi meteorologici.

Molte delle credenze che ancora oggi sentiamo nelle affermazioni popolari sono le stesse che Arato di Soli, vissuto fra il 315 e il 240 a.C., descriveva nella sua opera, "Fenomeni", dedicata ai comportamenti dell'atmosfera.

Questi antichi saperi si sono perpetuati nella cultura popolare anche attraverso i proverbi e i modi di dire, che erano un modo semplice e diretto per trasmettere conoscenza.

Descrizione dell'attività

Possiamo proporre ai nostri allievi di leggere alcuni brani di "presagi" e magari chiedere loro di riportare i proverbi e i modi di dire che hanno sentito da nonni, zii, ecc.

Ecco alcuni brani utilizzabili a questo scopo.

Dai *Fenomeni* di Arato

*Osserva sopra tutto ambe le corna
Dell'aurea Luna
.....
.....
Nel suo principio; al terzo giorno; e al quarto
Da lei conoscerai, del nuovo mese
Qual sarà la stagion: ella serena
Fia, se sottile e pura a noi si mostri
Nel terzo dì la Luna;
.....
.....
ma se dal terzo
Al quarto di ne manda un debil lume
Colle corna spuntate, immensa pioggia
Cadrà sui campi, o spirerà Scirocco.*

Arato di Soli (320-240 ca a.C.), *Fenomeni*, Segni per prevedere il buono e il cattivo tempo (vv. 758-1154)

(<http://astrocultura.uai.it/astroarte/astroletteratura/cognizioni/arato.htm>)

Nei Vangeli e in scritti del XVII secolo si trovano altri riferimenti a conoscenze meteorologiche popolari.

Vangeli

E gli si avvicinarono i Farisei e i Sadducei e gli chiesero che mostrasse loro un segno del cielo. Ed egli rispose: — Quando vien la sera, voi dite: domani sarà sereno, perche il cielo rosseggia. E al mattino voi dite: oggi avremo tempesta, perché il cielo è torbido. Sapete distinguere gli aspetti del cielo e non sapete distinguere i segni dei tempi?

(Matteo, 1G. 1-4)

XVII secolo

*Sento in quel fondo gracidar la rana
indizio certo di futura piovà;
canta il corvo importuno, e si riprova
la folaga a tuffarsi alla fontana.*

*La vaccherella, in quella falda piana,
gode di respirar dell'aria nuova;
le nari allarga in alto, e sì le giova
aspettar l'acqua che non par lontana.*

*Veggio le lievi paglie andar volando
e veggio come obliquo il turbo spira
e va la polve qual palèo rotando.*

*Leva le reti, o Restagnon; ritira
il gregge agli stallaggi; or sai che, quando
manda i suoi segni il ciel, vicina è l'ira.*

*che se la rondinella pellegrina
rade gli stagni volando, o non lontana
dal suolo al casolar più s'avvicina;*

*se l'anitra si tuffa alla fontana,
e su l'onda si stende un rauco strido,
se lungamente gracida la rana;*

*se tardi torna la colomba al nido,
se gli augei nel garrir sembran chiamarsi
quasi a congrega contro il nembo infido;*

*se la greggia e gli armenti intorno sparsi
avidamente gustan la pastura
e cercano all'ovile approssimarsi;*

*e se l'ape gentil non s'assecura
lungi dall'alveare, e torna in folla
scarca di preda e nunzia di paura;*

*ah, che di sdegni non ancora satolla
per far con Giove qualche sua vendetta
Giuno or ora i suoi nemi agita e scrolla.*

**Angelo Maria Ricci, Georgica dei fiori,
tratto da: Carlo Lapucci, *L'era del focolare*, ED. Ponte alle Grazie, 1991,**

--

Attività 5 – Prevedere il tempo

Tempo medio per svolgere l'attività: circa 1 ora

Descrizione dell'attività

Uno degli scopi principali della meteorologia, oltre allo studio dell'atmosfera, è anche quello di cercare di prevedere che tempo farà in una determinata località nelle ore successive.

Fare una previsione è una cosa molto complicata, anche per una persona che lo fa di mestiere: le variabili in gioco sono veramente tante e le possibilità di fallire spesso molto elevate. Inoltre, più ci si spinge con la previsione in avanti nel tempo, più le probabilità di "indovinare" scendono, arrivando ben presto a percentuali così basse da rendere del tutto inutile gli sforzi compiuti per la sua stesura. Se, cioè, in una certa situazione, ammettiamo che le probabilità che una previsione (riferita al giorno successivo) si aggiri attorno all'80% di correttezza, per una previsione fatta sempre in quel momento ma riferita allo stesso giorno della successiva settimana (previsione quindi a 7/8 giorni), le probabilità di correttezza di questa seconda previsione possono crollare al 5-10%.

Solitamente, dunque, si ritiene che una previsione sia affidabile se non si spinge oltre i **5 giorni** (anche se, in questo caso, il quarto e il quinto giorno sono da prendere ancora solo come "tendenza generale"); proprio per questo è bene diffidare dalle previsioni che si leggono a volte su alcuni giornali che danno previsioni addirittura riferite a un'intera stagione (classico esempio: "Quest'estate sarà molto calda e seccitosa...").

Per fare una previsione ci si può basare o sulle osservazioni del cielo e dei dati meteo rilevati da una stazione a terra (previsione mediante osservazione dei **fattori locali**), oppure dalla lettura di apposite carte meteorologiche, immagini dal satellite, radiosondaggi, eccetera (previsione mediante **carte meteorologiche**).

Il primo tipo di previsione è abbastanza fallibile e non si può spingere oltre le 24 ore: è certamente il modo più semplice e che richiede anche meno competenze tecniche da parte del **meteo-appassionato**. Si basa fondamentalmente sull'**osservazione del cielo** e sulla **lettura di semplici strumenti meteo** quali - primo fra tutti - il barometro, ma anche il termometro, l'igrometro e l'anemometro. (Il testo è stato tratto da [Altabrianza.org](http://www.altabrianza.org/prevederetempoI.html) - www.altabrianza.org/prevederetempoI.html).

È possibile anche vedere un piccolo filmato sul sito del [Museo Galileo](http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/PrevedereTempo.html) (<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/PrevedereTempo.html>), dal quale si capisce che pressione e umidità sono dati fondamentali e che i meteorologi hanno elaborato modelli che permettono di fare previsioni.

Quest'argomento potrebbe essere approfondito ulteriormente e correlarsi con il percorso proposto nel tema "Cambiamenti climatici e disastri ambientali: i cicloni mediterranei" di Roberta Seravall.

Attività 6 – Storia della meteorologia

Tempo medio per svolgere l'attività in classe: circa 6 ore.

Introduzione all'attività

Quando sono stati ideati e costruiti gli strumenti che noi oggi utilizziamo?

In quest'attività ricostruiamo la storia degli strumenti, dei personaggi che li hanno ideati, costruiti e utilizzati, indaghiamo sulle osservazioni, i ragionamenti, le conquiste della conoscenza raggiunte anche attraverso difficoltà e insuccessi.

L'ideale svolgimento del percorso prevede una visita a una raccolta di antichi strumenti meteo; noi faremo riferimento al Museo Galileo a Firenze che presenta una bellissima raccolta e una notevole documentazione sugli strumenti che ci interessano.

Il percorso può però essere sviluppato anche solo attraverso il sito web del museo, che offre la possibilità di una visita virtuale e l'accesso a molte risorse: filmati, consultazione di testi, biografie, immagini, ecc.

Si possono quindi prevedere due "itinerari" per quest'attività.

- Itinerario 1: prevede una visita al museo Galileo di Firenze (2h visita al museo + 4h in classe per ricostruire le attività svolte al museo e approfondimenti).
- Itinerario 2: è invece sviluppato tutto all'interno della classe utilizzando il sito web del museo Galileo di Firenze (6h in classe, prevede l'utilizzo di un collegamento internet, i materiali del museo sono tutti scaricabili ma il collegamento semplifica l'attività).

Certo è che il fascino che ha per i ragazzi potere vedere da vicino gli oggetti di studio in un ambiente affascinante come quello del museo è un aspetto importante dal punto di vista del coinvolgimento e della motivazione e, se possibile, si consiglia di programmare una visita al museo.

Va inoltre detto che in molte città esistono collezioni di strumenti che possono essere utilizzate allo scopo.

I materiali approntati per l'itinerario 2 sono utilizzabili anche per gli approfondimenti in classe dopo la visita al museo.

I materiali approntati per l'itinerario 2 sono utilizzabili anche per gli approfondimenti in classe dopo la visita al museo.

ITINERARIO 1

Il Museo Galileo di Firenze offre laboratori didattici per varie attività molto utili per organizzare bene la successiva visita. Lo staff didattico del museo è disponibile e di ottimo livello e il laboratorio proposto è adeguato alle capacità concettuali degli allievi.

Per la successiva visita consiglio di non disperdere troppo l'attenzione dei ragazzi su tutto ciò che è esposto ma di focalizzarsi sugli strumenti della meteorologia.

Per il percorso al museo, il materiale utilizzato fa riferimento a una visita al museo che ho fatto con una mia classe prima dell'attuale allestimento del museo. Prima di osservare gli strumenti esposti in mostra, abbiamo partecipato al "laboratorio

didattico”, nel quale, attraverso l’uso di modelli e riproduzioni di alcuni strumenti, gli allievi hanno potuto rendersi conto del loro funzionamento.

Ogni allievo ha riportato sul suo “diario di bordo” la descrizione dello strumento, ne ha riprodotto il disegno e ha costruito una tabella degli strumenti osservati.

Il resoconto poco sotto è stato costruito collegialmente dagli allievi partendo dai loro lavori individuali (i disegni sono originali degli allievi) ed è stato inserito in una attività di progetto europeo denominato [Climatic](http://climatic.inforef.be/szczecin_rapport/meteorologia/imss.htm) (http://climatic.inforef.be/szczecin_rapport/meteorologia/imss.htm), al quale abbiamo partecipato e nel quale avevamo scelto come attività proprio lo studio degli antichi strumenti di misura per la meteorologia.

“Prima di visitare nel Museo le sale nelle quali sono esposti gli antichi strumenti abbiamo visto dei modelli di questi e abbiamo anche noi “fatto esperienze” come quelle proposte dagli scienziati che facevano parte dell’Accademia del Cimento.”
Qui di seguito è inserito il documento stesso (i disegni sono originali degli allievi).

“ Prima di visitare nel Museo le sale nelle quali sono esposti gli antichi strumenti abbiamo visto dei modelli di questi e abbiamo anche noi “fatto esperienze” come quelle proposte dagli scienziati che facevano parte dell’Accademia del Cimento.



Strumenti per misurare la temperatura

Abbiamo visto come erano costruiti e come funzionavano i primi termometri, come quelli a stelo o a spirale, detti "gelosi" per la loro estrema sensibilità, e quelli chiamati "infingardi", cioè pigri, per la loro scarsa sensibilità.



I termometri esposti al museo sono esempi della bravura dei vetrai che lavoravano nella fornace del Giardino di Boboli, proprio per la loro attività di soffiatori erano chiamati i "gonfia". Qui vediamo un termometro ad alto fusto, del tipo di quelli detti "gelosi" e la cosiddetta "ranocchietta" che si può considerare il primo termometro clinico, veniva legato al polso del paziente e il movimento delle palline di vetro immerse nell'alcol dava indicazioni sulle variazioni di temperatura.



Il liquido utilizzato per questi termometri era la cosiddetta *acquarzente*, cioè lo spirito del vino.

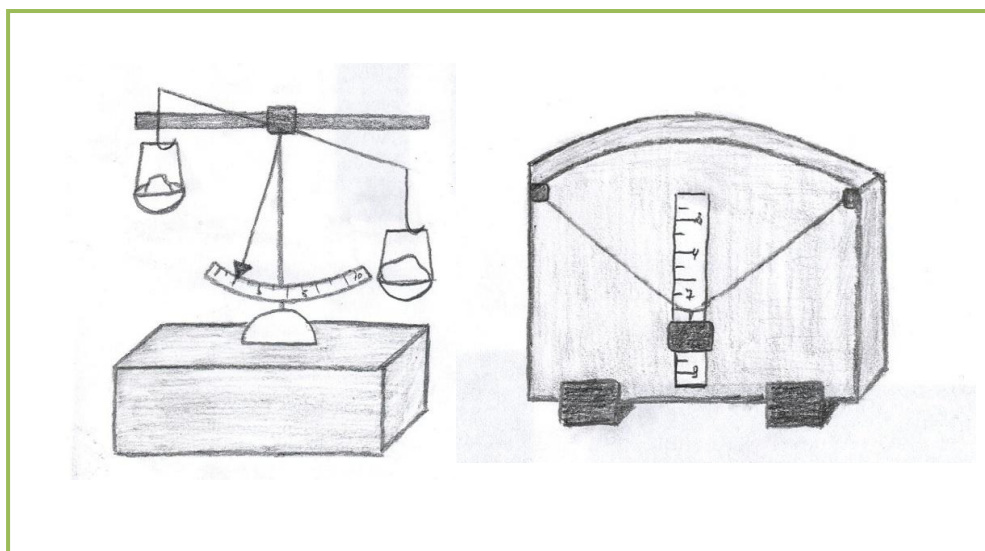
Un altro esempio di termometro ad alto fusto è il termometro a spirale, che è più trasportabile e meno fragile, ma poco preciso.

I termometri infingardi sono costituiti da cilindri riempiti di alcol nel quale sono immerse delle piccole sfere di vetro di diversa densità o dotate di piccoli pesi

diversi. Al variare della temperatura esterna, l'alcool varia di densità; di conseguenza le sferette si muovono verso l'alto o il basso.

Strumenti per misurare l'umidità

Igrometro a bilancia: si sfrutta la capacità della spugna di assorbire l'acqua, si posa su un piatto della bilancia una spugna e sull'altro della cera, o altro materiale che non assorba umidità, si pesano i due elementi in modo che la bilancia sia in equilibrio quando l'aria è secca. Se aumenta l'umidità, il piatto con la spugna diventa più pesante e la lancetta della bilancia si sposta.



Igrometro a corda: sfrutta le proprietà igroscopiche di certi materiali come corde di canapa o del budello animale. La lunghezza della corda si allunga o si accorcia al variare dell'umidità atmosferica e fa salire o scendere un pesetto; una scala graduata permette di valutare queste variazioni.



Igrometro a condensazione: questo tipo di igrometro, ideato da Ferdinando II sull'osservazione del fenomeno della condensazione su superfici fredde, fu molto utilizzato dagli accademici del Cimento in esperienze che valutavano l'umidità dell'aria anche in rapporto alla direzione dei venti.

L'igrometro a condensazione è costituito da un vaso di vetro a forma di cono rovesciato, montato su un sostegno in legno contenente ghiaccio finemente tritato che mantiene le pareti a bassa temperatura. Sotto questo viene collocato un bicchierino graduato in vetro che raccoglie le gocce della condensa. La misura dell'umidità è data dalla quantità d'acqua raccolta nel bicchierino in un determinato intervallo di tempo, che veniva misurato contando le oscillazioni di un pendolo.



Pluviometro: uno strumento simile è descritto da Benedetto Castelli, allievo di Galileo Galilei, in una sua lettera al maestro del 18 giugno 1639: *«Preso un vaso di vetro, di forma cilindrica, alto un palmo in circa e largo mezzo palmo, notai diligentemente il segno dell'altezza dell'acqua del vaso, e poi l'esposi all'aria aperta a ricevere l'acqua della pioggia, che ci cascava dentro...»*

Strumenti per la misura della pressione atmosferica

Molte delle esperienze degli Accademici riguardano studi sulla pressione atmosferica, seguendo le esperienze proposte da Evangelista Torricelli che nel 1644 aveva dimostrato l'esistenza della pressione atmosferica.

Strumenti per il vento

Alcune esperienze degli accademici riguardano studi sulla direzione, e la forza del vento per i quali si utilizzavano banderuole.



ITINERARIO 2

L'insegnante propone letture e filmati per approfondire alcune conoscenze e assegna lavori individuali e di gruppo per la raccolta di informazioni e dati.

Si può dividere la classe in gruppi di lavoro ognuno dei quali avrà un compito preciso: ricostruire la storia di un tipo di strumento, raccogliere dati sulla nascita delle prime stazioni meteo, ecc.

Una proposta è quella di mettere in scena, alla fine del percorso, una "Seduta Accademica" nella quale gli allievi, nelle vesti dei protagonisti del tempo, presentano i loro strumenti e ne descrivono il funzionamento.

Per l'insegnante può essere utile, per inquadrare l'argomento, leggere una breve [introduzione](http://brunelleschi.imss.fi.it/ist/itinerario/meteorologiaafirenze.html) e un interessante [documento](#)

(<http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/risorse%5Citesticimento.pdf>) ricco di informazioni dalla quale trarre spunti e risorse per l'approfondimento in classe, entrambi reperibili sul sito del museo.

Per questo percorso si sceglie un registro "narrativo" ma si coinvolgono comunque gli studenti con opportune domande che sollecitino la loro partecipazione attiva.

Ci possiamo aiutare utilizzando il [sito](http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza) (<http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza>) del museo: sulla striscia nera, in basso, cliccare su "La meteorologia" e da qui su "Osservatorio meteorologico".

Si clicca sull'immagine e compare una videata di tutti gli strumenti meteorologici in uso nella seconda metà del '600.

Panoramica storica

Iniziamo il viaggio nella storia presentando l'ambiente nel quale si sviluppano le idee che porteranno all'indagine sui fenomeni meteorologici e alla costruzione degli strumenti necessari a misurarli.

Utilissima cosa è, anzi necessaria nell'uso delle naturali esperienze, l'aver esatta notizia de' mutamenti dell'aria.

(Saggi di naturali esperienze, Firenze 1667)

Firenze, nel 1600, era un ambiente particolarmente vivace per lo sviluppo delle conoscenze scientifiche. La metodologia sperimentale introdotta da Galileo aveva sicuramente stimolato un clima favorevole alle dispute e al confronto, inoltre il principe Leopoldo (1617-1675) e il granduca di Toscana Ferdinando II de' Medici (1610-1670) erano essi stessi dei cultori delle scienze tanto da fondare, nel 1657, la prima società scientifica nata in Europa, l'Accademia del Cimento, che aveva come scopo l'indagine sui fenomeni naturali, che venivano osservati e verificati sperimentalmente.

Merito di quest'Accademia era anche quello di stimolare lo sviluppo delle tecniche di produzione degli strumenti necessari per lo svolgimento delle esperienze, apparecchi bellissimi, costruiti da abili artigiani, che ancora oggi ci meravigliano per l'accurata manifattura e la notevole qualità artistica: una perfetta fusione fra arte e scienza.

Facevano parte dell'accademia Lorenzo Magalotti, Vincenzo Viviani, Giovanni Alfonso Borelli, Carlo Renaldini e Francesco Redi e vi erano corrispondenti "esterni" come Christiaan Huygens, Robert Hooke, Gian Domenico Cassini, Athanasius Kircher e Henry Oldenburg. Molte delle esperienze furono poi raccolte nei Saggi di naturali esperienze (1667), scritti da Lorenzo Magalotti.

Tra le esperienze riportate nei diari dell'Accademia quelle che ci interessano per la meteorologia sono quelle che riguardano la misura della temperatura, dell'umidità atmosferica e, naturalmente, della pressione.

Se a tutto questo aggiungiamo che nel 1654 Ferdinando II istituì la prima rete meteorologica di rilevamento di dati, possiamo proprio considerare Firenze come la patria della meteorologia!

[Documenti originali](http://www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=43) (www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=43) degli studi dell'accademia digitalizzati possono essere esaminati sul sistema informatico della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, mentre sul [sito](http://catalogo.museogalileo.it/sala/SalaVIII.html) (<http://catalogo.museogalileo.it/sala/SalaVIII.html>) del museo si può consultare una breve introduzione alle attività dell'Accademia.

Il termometro

Iniziamo la nostra indagine scoprendo gli antichi termometri.

L'antenato del termometro attuale è, a detta di molti, il [termoscopio galileiano](http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Termoscopio.html)

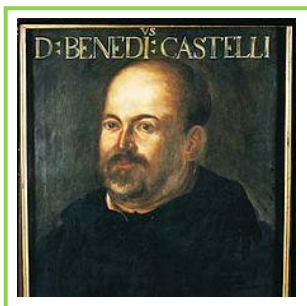
(<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Termoscopio.html>) di cui abbiamo notizia da un accenno a questo strumento descritto da Vincenzo Viviani nella *Vita di Galileo*.



*Termoscopio di tipo
galileiano*

In questi medesimi tempi ritrovò i termometri cioè quelli strumenti di vetro, con acqua et aria, per distinguer le mutazioni di caldo e freddo e la varietà de temperamenti de luoghi; la qual meravigliosa invenzione dal sublime ingegno del gran Ferdinando Secondo, nostro Serenissimo Padron regnante, è stata modernamente ampliata e arricchita con nuovi effetti...

Vincenzo Viviani, Vita di Galileo, ed. BUR, Milano, pag. 35



Anche Benedetto Castelli (1577/8-1643) descrive l'uso del termoscopio, come possiamo leggere in una lettera da lui scritta a Ferdinando Cesarini (1604-1646) il 20 settembre 1638:

Mi sovvenne un'esperienza fattami vedere, già più di trentacinque anni sono, dal nostro signor Galileo; la quale fu che, presa una caraffella di vetro di grandezza di un piccol uovo di gallina col collo lungo due palmi in circa e sottile quanto un gambo di pianta di grano, e riscaldata bene colle palme delle mani la detta caraffella e poi rivoltando la bocca di essa in vaso sottoposto, nel quale era un po' d'acqua, lasciando libera dal calor delle mani la caraffella, subito l'acqua cominciò a salire nel collo e sormontò sopra il livello dell'acqua del vaso più di un palmo: del quale effetto poi il medesimo sig. Galileo si era servito per fabbricare un istrumento da esaminare i gradi del caldo e del freddo.

Stimoliamo la riflessione con una domanda: **come mai l'acqua sale e scende al variare del calore?**

I termometri veri e propri iniziano a essere prodotti nella vetreria granducale che aveva sede in Boboli e nella quale lavoravano esperti soffiatori.

Egli [termometro] è tutto di cristallo finissimo, lavorato per opra di quegli artefici, i quali, servendosi delle proprie gote per mantice, tramandano il fiato per un organo di cristallo alla fiamma d'una lucerna, e quella, o intera o in varie linguette divisa, di mano in mano dove richiede il bisogno di lor lavoro spirando, vengono a formar opere di cristallo delicatissime e meravigliose. Noi un tal artefice chiamiamo il Gonfia.

(Saggi di naturali esperienze, Firenze 1667)

I termometri erano di due tipi: "infingardi", perché poco sensibili e "gelosi", molto sensibili.

Possiamo vederli a fianco raffigurati su una pagina dei diari originali degli accademici conservati a Firenze negli archivi della [Biblioteca Nazionale Centrale](http://www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=43) (www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=43).

Sono molto eleganti e alcuni hanno fatture molto particolari, come i lunghi termometri a spirale.

Gli infingardi sono costituiti da ampole che contengono alcool con all'interno delle palline di vetro sigillato di diverse densità, la variazione di calore fa spostare le palline. Più che misurare questo tipo di termometro serviva per vedere la variazione di temperatura.

Nei gelosi, la variazione di temperatura era segnalata dalla rapida risalita dell'alcol lungo i sottili tubi di vetro.



Stimoliamo la riflessione con una domanda: **analizzando il funzionamento dei termometri infingardi, sapresti spiegare su quale principio funzionano?**

Come venivano tarati i termometri?

Gli accademici elaborarono varie scale termometriche realizzando termometri suddivisi in 30, 50, 100 e addirittura 300 o 420 gradi, le scale erano costruite facendo riferimento a due temperature fisse: il punto fisso inferiore corrispondeva alla temperatura del ghiaccio fondente che, in questi termometri era segnalato attorno ai 13 gradi, mentre il punto fisso superiore, equivaleva alla massima temperatura raggiunta dall'esposizione al sole dello strumento nelle ore più calde dei giorni d'estate.

Il termometro cinquantigrado, utilizzato per le rilevazioni meteorologiche, segnava 11-12 gradi "*ne' maggiori stridori del nostro inverno*" e circa 40 gradi "*nelle maggiori vampe della nostra state*".

Possiamo utilizzare le animazioni consultabili sul [sito del museo](http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?center=esperienze/meteorologia/isc_ale2.html) (http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?center=esperienze/meteorologia/isc_ale2.html) per far vedere come furono costruite le scale termometriche "fiorentine" e fare ricostruire una tabella che metta a confronto la scala di un termometro

cinquantigrado dell'Accademia con i valori corrispondenti (stimati) nella scala Celsius (1742) e in quella Fahrenheit (1714), che sono quelle ancora oggi utilizzate.

Accademico	Celsius	Fahrenheit
0°	- 20°C	-4°F
13,5°	0°C	32°F
30°	25°C	77°F
50°	55°C	131°F

Gli scienziati medicei fecero anche interessanti osservazioni sull'andamento della temperatura nell'arco della giornata.

Leggiamo questa breve nota dalla quale ricaviamo che si erano già resi conto che la temperatura minima giornaliera si ha intorno all'alba.

A dì 12 Dicembre 1661. Notare che nelle Notti serene, l'ora più fredda è all'apparir dell'Alba, et in tal tempo si osserva d'Inverno, che il Termometro di 300 gradi scende tal volta 4 e 5 gradi più d'ogni altra ora della medesima notte.

Diari manoscritti

Il barometro

È nota oramai per ogni parte d'Europa quella famosa esperienza dell'argentovivo, che [...] si parò davanti al grande intelletto del Torricelli; e noto parimente è l'alto e maraviglioso pensiero ch'egli formò di essa, quand'ei ne prese a specular la ragione.

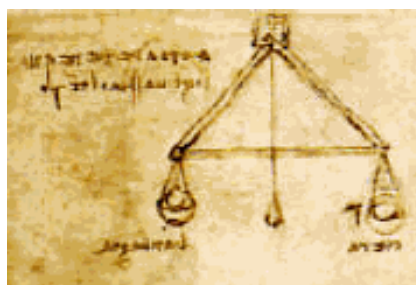
Saggi di naturali esperienze, Firenze, 1667

Una breve presentazione, consultabile sul sito del [museo](http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Barometro.html) (<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Barometro.html>), ci permette di presentare il barometro e di ripercorrere la famosa [esperienza di Torricelli](http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza) (<http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza>) (Esperienze > pneumatica > esperimento barometrico) (Vedi [Allegato Esperienza di Torricelli](#)).

Inoltre, avvalendosi dell'esperienza della variazione della pressione al variare dell'altitudine ([Esperimento di Pascal](http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza) (<http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza>): Esperienze > pneumatica > esperimento di Pascal) riproposta a Firenze in P.zza della Signoria, è possibile porre un'altra domanda: **perché la pressione atmosferica diminuisce via via che aumenta l'altitudine?**

L' igrometro

Di questo strumento abbiamo molte versioni, come gli igrometri a massa, i più antichi che si basano sulla proprietà di alcuni materiali d'assorbire facilmente l'acqua presente nell'aria aumentando così il proprio peso. Ponendo su uno dei piatti della bilancia la sostanza campione, si verifica in due tempi diversi di quanto è aumentato il suo peso. La quantità ottenuta è semplicemente il valore della massa d'acqua assorbita.



L'igrometro di Leonardo Da Vinci

Può essere utile, a riguardo, consultare il [sito](http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Igrometro.html) (<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Igrometro.html>) del museo. Sicuramente uno degli igrometri più interessanti è quello a condensazione, proposto e ideato dallo stesso Ferdinando II, di cui, nei diari dell'accademia del Cimento, si possono leggere interessanti esperimenti su cui gli accademici

valutarono la misurazione strumentale dell'umidità dell'aria in rapporto alla direzione dei venti.

A questo proposito si possono leggere i [resoconti](http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza) (<http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=scienza>) (Esperienze > meteorologia > igrometro a condensazione) delle esperienze condotte nel settembre del 1657 nella villa di Artimino.

Il pluviometro

Il pluviometro, lo strumento per misurare la quantità di pioggia, fu ideato nel 1639 a Perugia da [Benedetto Castelli](#) (http://www.hydrica.org/pdf/atticonvegni/25.06.09/Sistema_Acqua/Ubertini_lucio.pdf). Ne troviamo conferma in una lettera scritta a Galileo, di cui era grande amico, il 18 giugno 1639, in cui si legge:

Ritornato che fui in Perugia, segui una pioggia non molto grossa, ma continovata assai ed uniforme, quale durò per ispazio di otto hore in circa; e mi venne in pensiero di volere esaminare, stando in Perugia, quanto con quella pioggia poteva essere cresciuto il lago e rialzato, supponendo (come haveva assai del probabile) che la pioggia fosse universale sopra tutto il lago, ed uniforme a quella che cadeva in Perugia: e così preso un vaso di vetro, di forma cilindrica, alto un palmo in circa e largo mezzo palmo, ed havendogli infusa un poco d'acqua, tanta che coprisse il fondo del vaso, notai diligentemente il segno dell'altezza dell'acqua del vaso, epoi l'esposi all'aria aperta a ricevere l'acqua della pioggia, che ci cascava dentro, e lo lasciai stare per ispazio d'un'hora; ed havendo osservato che nel detto tempo l'acqua si era alzata nel vaso quanto la seguente linea (9 mm.), considerai che se io havessi esposti alla medesima pioggia altri simili ed eguali vasi, in ciascheduno di essi si sarebbe rialzata l'acqua secondo la medesima misura.

L'anemometro

Si può avere una panoramica sugli strumenti di misura della direzione e velocità del venti consultando il sito del [museo](http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/BanderuoleAnemometri.html) (<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/BanderuoleAnemometri.html>) .

I venti sono, fra i fenomeni meteorologici, quelli con una storia più interessante. Era indispensabile per gli antichi navigatori (vedi [Allegato Dèi dei venti](#)) essere profondi conoscitori dei venti e in questo senso possiamo trovare molti interessanti spunti per ampliare l'argomento.



La rete meteorologica

Nel 1654 il Granduca Ferdinando II istituì la prima rete meteorologica di rilevamento di dati descrittivi (si segnalava lo stato del cielo e altre informazioni) e strumentali (le temperature misurate con i termometri che venivano costruiti nella vetreria di Boboli) delle condizioni atmosferiche in diverse località, in Italia e all'estero. Questa funzionò per circa un decennio tra il 1654 ed il 1664.

Luigi Antinori, monaco dell'abbazia di Vallombrosa, fu incaricato di gestire questa rete: egli consegnò ad ogni "corrispondente" una coppia di termometri fiorentini divisi in 50 gradi, in modo tale che tutti utilizzassero gli stessi strumenti, tarati nello stesso modo ("circondati dallo stesso ambiente camminassero sempre del pari"),

tabelle e "diario osservativo" in modo tale che la rilevazione dei dati riguardanti le temperature, fosse la più omogenea possibile.

I corrispondenti rilevarono dati in molte città, sia in Italia sia all'estero.

Si trattava di semplici osservazioni che in alcuni casi durarono pochi mesi, ma dall'Abbazia di Vallombrosa e dal convento di S. Maria degli Angeli a Firenze i rilievi meteorologici furono regolarmente inviati alla Corte Granducale per molti anni.

A riguardo, è possibile consultare ["La meteorologia a Vallombrosa"](http://archive.org/stream/sgiovannigualbe01unkngoog#page/n119/mode/2up) (<http://archive.org/stream/sgiovannigualbe01unkngoog#page/n119/mode/2up>) (in particolare, pag. 112 e 115).

La Meteorologia è di data assai recente, e la sua scoperta non risale che circa a mezzo il 1600; anzi, oso affermare, che molti dei lettori ignorano come essa debba ritenersi nata in Firenze, nella ridente città bagnata dalle limpide acque dell'Arno. Questa prediletta terra, centro delle arti e della civiltà, diede origine nel 1654 alla scienza che si occupa delle leggi moderatrici dell'atmosfera, e fu l'accademia del Cimento, fondata dal Granduca Ferdinando II e dal principe Leopoldo suo fratello, la quale istituì e promosse una bella serie di osservazioni meteorologiche. Però ben presto la be-

« *Ill.mo Sig.r mio Sig.r Pron Colmo*

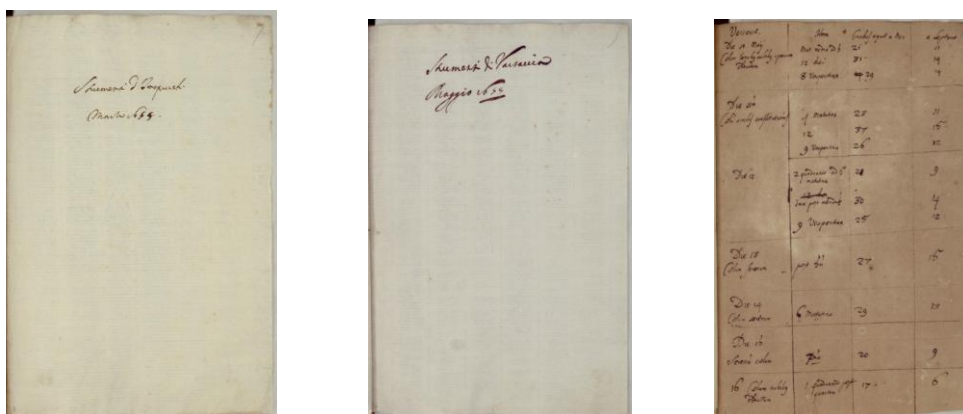
« L'operazione delli due strumenti del dì Primo Gennaio

		Boreale	Australe	
Prima	H 15	9	9	Cont. Vento, gran diaccio
	> 18	10	11 1/2	
	> 21	11	12	Cont. vento
	> 22	11	11 3/4	Resta il vento. Sereno
	> 24	11	11 3/4	
	> 3	11 1/2	11	
Mezzanotte		11	11	
Aurora		10	11 1/4	Cont. vento

diacciata la terra, grandissimo diaccio al vivaio dove è grosso due soldi.

I luoghi dei rilievi

Dai documenti dell'Accademia si possono vedere le accurate osservazioni rilevate dai corrispondenti e regolarmente spedite a Firenze.



*Pagine dei documenti originali conservati Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze
(<http://www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=43>)*

Firenze: dal 14 dicembre 1654 fino al 31 marzo 1670, dal Convento di S. Maria degli Angeli.

Vallombrosa: osservazioni meteorologiche dal 2 gennaio 1656 al 1 gennaio 1668.

Milano: osservazioni meteorologiche dal dicembre 1655 al febbraio 1656.

Bologna: osservazioni meteorologiche dal dicembre 1654 al marzo 1656.

Parma: osservazioni meteorologiche dal dicembre 1654 al dicembre 1660.

Cutigliano: osservazioni meteorologiche dal marzo 1658 al febbraio 1659.

Pisa: dal novembre 1657 al maggio 1658 Vincenzo Viviani annota quotidianamente nel suo diario delle mutazioni di tempo, dei valori della temperatura, della pressione atmosferica e dell'umidità.

Parigi: nel 1658 serie osservativi di dati della temperatura registrati dall'astronomo Ismaël Boulliau utilizzando il "termometro fiorentino".

Varsavia: 10 - 16 maggio 1655.

Innsbruck: osservazioni meteorologiche dal 6 marzo al 30 aprile 1655.

Possiamo far ricercare su una mappa tutti i luoghi in cui furono fatti i rilievi.

Attività 7 – Verifichiamo i nostri risultati

Tempo medio per svolgere l'attività: circa 3 ore

Descrizione dell'attività

È giunto adesso il momento di dare ordine e riflettere sui dati che abbiamo raccolto con la regolare rilevazione dei dati meteorologici della nostra capannina. Suddividiamo la classe in gruppi e assegniamo ad ognuno il compito di costruire i grafici relativi ai dati: sarebbe opportuno farli realizzare direttamente agli allievi (in alternativa, si può prospettare l'uso di un foglio elettronico excel). Ogni gruppo presenterà poi il grafico ricavato e discuteremo in classe i risultati confrontando i dati ricavati con quelli della centralina "ufficiale" del LaMMA.

Uno dei risultati di questo lavoro è visionabile consultando [l'Allegato Scheda 3](#).

Attività 8 – Redazione del documento finale

Tempo medio per svolgere l'attività: circa 2 ore

Descrizione dell'attività

Quest'attività conclude il nostro lavoro.

Si raccolgono in uno o più documenti tutto ciò che si è costruito insieme con gli allievi e si redige un documento riassuntivo dell'attività.

Un'idea potrebbe essere quella di predisporre una mostra dei lavori svolti: cartelloni, fotografie, piccoli video ecc., e, da non dimenticare, la messa in scena di una ipotetica sessione dell'Accademia in cui gli allievi interpretano la parte di scienziati secenteschi che presentano i loro strumenti.

Quest'ultima attività potrebbe sembrare superflua, ma in realtà permette di ricostruire tutto il percorso fatto, dandogli così un filo logico e rendendo chiara la mappa concettuale che si è venuta a costruire con il lavoro svolto, fornendo inoltre una documentazione consultabile anche da altri docenti.

Buona parte di questo percorso ha proprio utilizzato materiali che erano stati costruiti con gli allievi in un percorso simile svolto pochi anni fa.

Indicazioni metodologiche

Un percorso di questo tipo consente di praticare in modo reale pratiche di laboratorialità.

Si propone una pratica di laboratorio (raccolta dati meteorologici e loro tabulazione) e si favoriscono le attività di esplorazione e di scoperta, guidando gli allievi nel percorso di ricerca storica.

La richiesta di sceneggiare una riunione dell'Accademia coinvolge gli allievi in una attività in cui ognuno di loro potrà verificare la consapevolezza del proprio modo di apprendere.

Spunti per la valutazione

Individuale

“Diario di bordo” dell’attività: ogni allievo documenta tutto lo svolgimento del percorso, con una redazione di schede di osservazione, la raccolta di dati meteo e la costruzione di grafici relativi (vedi [Allegato Verifiche proposte](#))

Collettiva

Creazione di un “museo virtuale” degli strumenti studiati utilizzando i materiali proposti e sviluppati dagli allievi nei loro diari individuali.
Presentazione dell’esperienza attraverso l’elaborazione di un prodotto multimediale.
La relazione sulla visita al museo qui riportata è un prodotto costruito insieme con gli allievi che hanno effettuato l’attività.

Spunti per altre attività con gli studenti

Si possono ricostruire semplici strumenti di misura per i quali si forniranno suggerimenti in specifiche schede.

Documentazione e materiali

- [Tabella per raccolta dati](#)
- [Allestimento di una stazione meteorologica](#)
- [Esempi di informazioni raccolte dagli allievi](#)
- [La taratura del termometro](#)
- [Costruiamo un termoscopio](#)
- [Costruiamo un barometro](#)
- [Costruiamo un igrometro](#)
- [Costruiamo un pluviometro](#)
- [Costruiamo un anemometro](#)
- [Esperienza di Torricelli](#)
- [Gli dèi dei venti](#)
- [Documento finale](#)
- [Verifiche proposte per il percorso](#)

Bibliografia

Lapucci, C. *L'era del focolare*. ED. Ponte alle Grazie, 1991 Firenze.

Magalotti, L. *Saggi di naturali esperienze*

Mercalli, L. *Filosofia delle Nuvole*. Rizzoli, 2008 Milano.

Viviani, V. *Vita di Galileo*. Rizzoli (BUR), 2001 Milano.

Maracchi G. (1991) *Breve storia della meteorologia a Firenze dalle origini a oggi. A brief history of meteorology in Florence from the beginnings to the present* Firenze.

Accad.dei Georgofili, C.N.R. Univ.di Firenze.

Sitografia

Informazioni generali sulla meteorologia

[Università di Trento – Fondamenti di meteorologia e climatologia](#) (Per una rapida consultazione dei parametri e delle misure meteorologiche)
www.ing.unitn.it/~zardi/download/Lezioni_FMC_2011-12/Misure_meteorologiche.pdf

["Che tempo fa"](#)
http://youtu.be/PeBDzIH_drE

[Eniscuola](#)
www.eniscuola.net/it/aria/contenuti/conoscere-la-meteorologia/#title

[Spacelab – Previsioni meteo](#)
<http://www.youtube.com/watch?v=ph-KHCCC87Y&feature=youtu.be>.

Il tempo del giorno

[IlMeteo.it](#)
www.ilmeteo.it/meteo-video/oggi

[World Meteorological Organization](#)
http://www.wmo.int/pages/index_en.html

Parte storica

[Sala VIII](#)
<http://catalogo.museogalileo.it/sala/SalaVIII.html>

[Vetri del Cimento](#)
<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/VetriCimento.html>

[Dal termoscopio al termometro](#)
<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/TermoscopioTermometro.html>

[Barometro](#)

<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Barometro.html>

[Igrometro](#)

<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/Igrometro.html>

[Banderuole e anemometri](#)

<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/BanderuoleAnemometri.html>

[Rete meteorologica medicea](#)

<http://catalogo.museogalileo.it/multimedia/ReteMeteorologicaMedicea.html>

[Meteorologia.it](#)

<http://www.meteorologia.it/didattica/basico/index.htm>

[Scienziati a corte](#)

<http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/itop1.html?pos=meteorologia>

[Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze](#)

<http://www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=43>

[Contributo alla storia della meteorologia a Firenze](#)

http://eprints.unifi.it/archive/00000845/01/04_SdF_1_2006_Vergari_saggi.pdf

[Appunti di climatologia – Università di Firenze](#)

[http://www.dipsa.unifi.it/upload/sub/Dispense-
info/Monitoramb/11_Appunti_Climatologia.pdf](http://www.dipsa.unifi.it/upload/sub/Dispense-info/Monitoramb/11_Appunti_Climatologia.pdf)

[Costruzione di strumenti](#)

<https://sites.google.com/site/didatticageo/contenuti/l-atmosfera/laboratorio/costruzione-di-strumenti>

[S. Giovanni Gualberto](#)

<http://archive.org/stream/sgiovannigualbe01unkngoog#page/n119/mode/2up>

*Questo percorso didattico è stato realizzato nel 2012 da INDIRE – ANSAS con i fondi del Progetto **PON Educazione Scientifica**, codice **B-10-FSE-2010-4**, cofinanziato dal Fondo Sociale Europeo.*

La grafica, i testi, le immagini e ogni altre informazione disponibile in qualunque formato sono utilizzabili a fini didattici e scientifici, purché non a scopo di lucro e sono protetti ai sensi della normativa in tema di opere dell'ingegno (legge 22 aprile 1941, n. 633).