



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea Magistrale in Economia e Gestione
delle Arti e delle attività culturali (EGArt)

Ordinamento LM-76 (Scienze economiche per l'ambiente e la cultura)

Tesi di Laurea

Fotografia come arte della scienza:

dove scienza, arte e fotografia si intersecano

Relatrice

Prof.ssa Cristina Baldacci

Correlatore

Prof. Pietro Jacopo Alessandro Conte

Laureanda

Benedetta Daniela Anna Donvito

Matricola 851038

Anno Accademico

2020/2021

Indice

Introduzione.....	3
Capitolo 1: <i>Arte e scienza nel XX e XXI secolo</i>	
1.1 Interferenze tra arte e scienza	6
1.2 Fotografia, ponte tra arte e scienza	17
1.3 Arte e scienza al CERN.....	23
Capitolo 2: <i>Fotografia scientifica</i>	
2.1 Storia della fotografia scientifica: le fotografie che hanno segnato la storia della scienza	34
2.2 Fotografia scientifica: osservazione, sperimentazione e archiviazione	60
2.3 L'infinitamente piccolo e l'infinitamente grande attraverso l'occhio fotografico.....	70
2.4 Berenice Abbott. Fotografia e scienza: un'unità essenziale.....	78
Capitolo 3: <i>Fotografia astronomica</i>	
3.1 Storia della fotografia astronomica.....	93
3.2 Contributi della fotografia astronomica a due delle più importanti teorie scientifiche del XX secolo	106
3.3 Fotografia astronomica e arte: influenze reciproche.....	113
3.4 Thomas Ruff: "Stars". Come fotografie scientifiche possono diventare arte.....	122
Conclusioni	129
Elenco immagini	130
Bibliografia	133
Sitografia.....	135

Introduzione

Spinta dall'interesse che provo da tempo nei confronti della fotografia e della scienza, mi sono accostata a questa ricerca per approfondire il valore della fotografia e delle arti visive in connessione con la scienza.

Ho creduto indispensabile affrontare alcune domande fondamentali.

Quale rapporto corre tra le arti visive e la scienza? Entrambe, sviluppatesi nel corso dei secoli passati, si sono trovate spesso intrecciate e indispensabili l'una all'altra.

Come vedremo, gli esempi di questo legame sono molti, vari e entusiasmanti, si sono stabiliti non solo fra due persone, l'artista e lo scienziato, ma anche all'interno di istituzioni pubbliche artistiche e scientifiche.

Uno su tutti, l'esempio del CERN di Ginevra, dove è nato il progetto "Arts at CERN" nel 2011, che vede la stretta collaborazione tra artisti e fisici.

Questa indagine mi ha aiutato a focalizzare la mia attenzione sul ruolo della fotografia, fulcro della mia tesi, come strumento di indagine scientifica e artistica.

Emergono quindi altre domande: quale contributo la fotografia come forma artistica porta alla scienza? Come la fotografia può collaborare con la scienza?

La fotografia come forma artistica si pone come ricerca della bellezza all'interno di un'analisi che procede secondo principi scientifici.

Dunque possiamo dire che la fotografia è spesso una forma di scienza.

Un esempio di questo ci viene dato dal lavoro di Berenice Abbott, grande fotografa artista americana e appassionata di scienza.

Collaborò infatti con l'MIT, negli anni '60, per sviluppare una serie di fotografie come illustrazioni di libri di fisica del liceo.

Il suo profondo interesse verso le scienze la condusse persino a sviluppare nuove tecniche fotografiche, la più famosa delle quali definita "supersight" le permise di realizzare fotografie fino ad allora sconosciute.

Non dimentichiamo che anche i matematici e i fisici hanno sempre sostenuto che le teorie, da loro sviluppate e riconosciute dal mondo scientifico come valide, erano prima di tutto belle. Addirittura Albert Einstein, in un primo tempo, non volle riconoscere la teoria dei Quanti perché non la riteneva armonica.

Vedremo anche un esempio di fotografia scientifica, la fotomicrografia, diventare una forma d'arte indipendente. Infatti la fotografia microscopica, di cellule animali e vegetali, vista da grandi artisti venne riconosciuta come vera e propria forma d'arte, e suscitò l'emulazione da parte di pittori astratti.

Infine mi sono posta un'ultima domanda, nata da un mio interesse per l'astronomia: la fotografia astronomica è solo scientifica o ha anche una valenza artistica?

Ha naturalmente un grande valore scientifico: alcune foto di un'eclissi di sole e alcune di galassie permisero, le prime, di convalidare la Teoria della Relatività che rese Einstein famoso, le seconde, di svelare una delle più importanti scoperte scientifiche del XX secolo, cioè l'Espansione dell'Universo di Hubble.

Tuttavia nel tempo si è rivelata anche una forma d'arte. Infatti molti artisti vedono nel mondo degli astri forme, rapporti, equilibri, colori di rara bellezza, che non hanno niente da invidiare alle opere d'arte vere e proprie.

Ecco un esempio: l'artista fotografo Thomas Ruff si appropria di fotografie realizzate dall'ESO (European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere), ne toglie parti senza modificarle ulteriormente, offre allo spettatore solo la sua visione rendendole veri e propri quadri.

La tesi si suddivide dunque in tre capitoli, ognuno corredato di un caso studio che dimostra concretamente la validità delle trattazioni.

Il primo introduce il rapporto fra l'arte e la scienza con argomentazioni più generiche, accennando alla fotografia come forma d'arte e di ricerca scientifica.

Il secondo affronta in modo più esteso lo sviluppo della fotografia scientifica, come forma di ricerca, sperimentazione e osservazione. Indaga inoltre il suo rapporto con l'arte e le influenze reciproche.

Infine il terzo capitolo si occupa di un settore specialistico della fotografia: la fotografia astronomica. Accenno ad una storia e ad una evoluzione indicando il suo valore artistico oltre che scientifico.

Nella ricerca mi sono avvalsa di fonti diverse, soprattutto di testi, articoli e saggi (da internet) prevalentemente in lingua inglese, in quanto ho fatto molta fatica a reperire materiale in lingua italiana.

La lettura delle fonti mi ha aperto un orizzonte fatto di meraviglia, scoperta e avventura; mi sono così incamminata per una strada fatta di “rivelazioni” che mi hanno condotto lungo una nuova prospettiva, secondo la quale arte e scienza si sono rivelate linguaggi nuovi, sempre più esplorati, capaci di aprirci ai valori di un mondo connesso.

Dopo la scoperta viene la rielaborazione, cioè la riflessione sull’evoluzione delle due discipline, e soprattutto della fotografia.

Leggendo questi testi e opere diverse, ho scoperto infatti che il legame fra le due “arti” è profondo più di quanto mi aspettassi ed è andato sempre più acuendosi nel tempo.

Nel corso del mio lavoro ho incontrato alcune difficoltà, in particolare relative al reperimento delle fonti, per lo più sulla fotografia astronomica.

Infatti molti testi offrivano informazioni di carattere tecnico su come utilizzare la macchina fotografica per catturare immagini del cielo, ho trovato con difficoltà documenti sulla storia ed evoluzione della fotografia astronomica e del suo rapporto con l’arte; nonostante ciò penso di essere riuscita a realizzare un discorso lineare e significativo su questo argomento.

Queste difficoltà mi hanno portato a focalizzarmi su un artista con un forte legame con la scienza (Thomas Ruff), anche se mi sarebbe piaciuto trovare un esempio di scienziato diventato poi artista.

Talvolta dalle difficoltà nascono in noi capacità di superamento e di esplorazione che ci regalano la possibilità di indagare comunque e colmare, per quel che è possibile, delle mancanze.

Ho trovato, peraltro, materiale interessante e profondo in varie direzioni, che mi hanno permesso di realizzare una ricerca ad ampio spettro su un argomento conosciuto soprattutto dagli esperti dei singoli settori artistico e scientifico.

Spero così di essere riuscita a produrre un testo accessibile, chiaro e, per così dire, divulgativo.

Capitolo 1: Arte e scienza nel XX e XXI secolo

1.1 Interferenze tra arte e scienza

Per secoli l'intersezione tra arte e scienza ha dato origine a nuovi modi di pensare al nostro mondo e a come interagiamo con esso. Queste due discipline apparentemente opposte, una avvolta da un'immaginazione sconfinata, l'altra guidata da rigore scientifico, si uniscono nella comune curiosità di esplorare le grandi domande della vita.

L'arte è un modo attraverso il quale idee e immaginazioni si esprimono in una forma visiva, come ci dimostra la scultura e la pittura.

L'arte si è rivelata molto utile nello stimolare conversazioni profonde su questioni sociali e cambiamenti dell'ambiente. È un modo per dare vita all'immaginazione e comunicare anche le nostre paure più profonde.

La scienza, invece, cerca di fornire spiegazioni, approfondendo costantemente certi fenomeni e offrendo risposte per il bene comune.

Entrambe le discipline sono il tentativo dell'uomo di spiegare e dare espressione al mondo che lo circonda.

I metodi di espressione o comunicazione della scienza, tuttavia, differiscono da quelli dell'arte. Non tutti infatti sono inclini alla scienza o all'arte, di conseguenza il loro pubblico non è lo stesso.

Ma le idee alla base di entrambi i campi rimangono le stesse. Gli scienziati si impegnano ad ottenere nuove conoscenze e gli artisti assumono il compito di comunicare il loro pensiero e le proprie emozioni.

Sia gli artisti che gli scienziati si sono impegnati molto per avere successo nei loro campi.

Gli scienziati dedicano infatti molto tempo a ripetere esperimenti più e più volte, mentre cercano di scoprire nuove realtà. Una volta raggiunto questo obiettivo, sviluppano metodi per rendere più accessibile la comunicazione delle loro nuove idee, quali riunioni, articoli su riviste specializzate in determinati settori, seminari.

In tutti questi casi lo scienziato non limita il suo discorso a semplici termini scientifici, ma è agevolato dall'utilizzo di immagini che permettono una più chiara comprensione; alcune di queste immagini possiedono un grande valore estetico.

Ogni settore che vuole essere attuale, richiede molta curiosità e creatività, che possiamo definire come arte e scienza.

Potrebbe essere una sorpresa per chi non ha mai studiato a fondo la scienza, ma alcune delle più grandi menti scientifiche erano intrinsecamente creative. Questo perché la scienza è una forma di creazione.

Lo scopo della scienza è comprendere il mondo e creare nel mondo. Non si può creare senza creatività.

Il motivo per cui l'arte è necessaria alla scienza nasce proprio da qui: la creatività coinvolge l'immaginazione e l'immaginazione è la visualizzazione.

I contenuti che siamo in grado di concettualizzare, visualizzare o immaginare nella nostra mente, rappresentano ciò che possiamo anche creare, se abbiamo gli strumenti per farlo.

Spesso, infatti, alcune delle più grandi scoperte scientifiche implicarono l'uso di una qualche forma d'arte.

Ad esempio, Charles Messier, un astronomo francese del XVIII secolo, creò un catalogo formato da circa 110 disegni. Nella sua osservazione del cielo notturno alla ricerca di una cometa errante, la cometa di Halley, documentò innumerevoli galassie, ammassi e nebulose.

Arte e scienza hanno convissuto, spesso indistinguibili l'una dall'altra, attraverso il tempo e lo spazio.

Alcuni tra i primi esempi documentati provengono dalla cultura islamica, dove arte e scienza si univano in intricate geometrie architettoniche, dove era presente l'uso di " *Nur* " (luce metaforica del Divino nella cultura e arte islamica) e la scienza dei materiali per progettare utensili e lettere nei manoscritti.

Durante il Rinascimento, il poliedrico italiano Leonardo Da Vinci fu contemporaneamente pittore, scultore, ingegnere, musicista, botanico e scienziato.

La separazione tra arte e scienza in Occidente ebbe luogo durante il XIX secolo, che coincide, casualmente o di conseguenza, con la coniazione del termine “scienziato” a metà ‘800.

Entrambe le discipline condividono le loro origini nella rappresentazione e nell'interpretazione della natura, ma, nel tempo, le loro metodologie si sono differenziate e la scuola di pensiero scientifica è stata in gran parte guidata dalla specializzazione e dalle indagini basate su ipotesi.

L'arte, a sua volta, ha sviluppato le proprie scuole e metodi, dall'arte classica, che osservava e imitava la natura, ai rami dell'impressionismo, del cubismo e dell'espressionismo. Tuttavia, se osserviamo attentamente ci sono molti punti di convergenza tra i due, sia nel passato che nel presente.

Un'idea centrale accomuna l'arte e la scienza: il primato dell'osservazione e dell'interpretazione.

Vediamo molti esempi di come arte e scienza si siano mescolate sulla base dell'osservazione e dell'interpretazione, che vanno da un oggetto fisico studiato sia nell'ingegneria sia nel design artistico ad un documento visivo informativo che funge da strumento di comunicazione.

Un esempio di strumenti di comunicazione sono i bozzetti e dipinti di insetti e piante del XVII secolo, realizzati dalla naturalista Maria Sibylla Merian¹.

I suoi disegni risultarono travolgenti per l'epoca, perché basati su osservazioni che ancora non erano comparse nella cultura popolare.

In particolare, il suo schizzo di un ragno gigante che divora un colibrì fu molto criticato durante l'era vittoriana come impossibile, ma fu successivamente confermato (Fig.1).

Per Merian, l'osservazione, la scienza e l'arte erano tutte parti dello stesso processo, e i suoi dipinti erano un modo per comunicare e comprendere l'originale e sorprendente processo di metamorfosi.

¹ Maria Sibylla Merian (1647 – 1717) è stata una naturalista e illustratrice scientifica di origine tedesca . È stata una delle prime naturaliste europee ad osservare direttamente gli insetti.



Fig.1 Maria Sibylla Merian, *Studio di un ragno mangiatore di uccelli con colibrì*, 1705

Tuttavia un'osservazione, che si tratti di un ragno, di una cellula o della natura umana, è necessaria, ma non sufficiente per ottenere un'opera d'arte significativa o una scoperta scientifica.

È l'interpretazione, la messa a fuoco dell'obiettivo della macchina fotografica, il racconto di una storia, la scelta di quale parte dell'osservazione sarà resa ed esplicitata, a darle vita.

Questa interazione è alla base di gran parte dei moderni metodi e processi scientifici e artistici, poiché sia gli artisti sia gli scienziati non si limitano a copiare, ma interpretano e comprendono ciò che vedono, trasformandolo in qualcosa di significativo e rilevante.

All'inizio del XX secolo due grandi "invenzioni" diedero il loro contributo allo sviluppo del modernismo²: la Teoria della relatività di Einstein e il Cubismo di Picasso.

Fu per una coincidenza che Picasso sviluppò il Cubismo più o meno nello stesso periodo in cui Einstein pubblicò la sua Teoria della relatività?

La Teoria della relatività di Einstein fu formulata nel 1905 e "*Les Femmes d'Alger (O. J. R.)*"³ di Picasso vennero realizzate due anni dopo (Fig.2).

Uno scienziato e un artista hanno affrontato lo stesso problema, la natura del tempo e la simultaneità, e lo hanno risolto dopo aver realizzato una nuova estetica.

Tuttavia, quando il pittore e il fisico si posero quelle domande non si conoscevano.

Sia Einstein che Picasso furono al centro di un'ondata di cambiamenti che trasformò il modo in cui gli europei interpretavano il mondo.

Nel giro di pochi anni, dunque, sia in fisica sia nelle arti figurative cambia la concezione dello spazio e del tempo.

Fu solo alla fine del XX secolo che, uno storico della scienza, Arthur I. Miller, trovò un punto di equilibrio tra Einstein e Picasso, tra scienza e arte.

Tra il 1905 e il 1906 Albert Einstein e Pablo Picasso scoprono il concetto di relatività. Il primo conferisce a questo concetto piena dignità scientifica, attraverso un modello matematico, il secondo piena dignità artistica, attraverso un nuovo linguaggio geometrico.

Entrambi prendono in considerazione la simultaneità, tuttavia Picasso si riferirà più allo spazio che al tempo. La prospettiva rimane però la stessa: non esistono sistemi di riferimento privilegiati. La simultaneità assoluta non esiste.

² Il modernismo è un movimento filosofico-estetico che, in linea con i cambiamenti culturali del suo tempo, nacque dalle enormi trasformazioni della società occidentale durante la fine del XIX secolo e l'inizio del XX. Il modernismo, in generale, include le attività e le creazioni di coloro che sentivano che le forme tradizionali di arte, architettura, letteratura, filosofia, organizzazione sociale e scienze, si stavano adattando in modo obsoleto al nuovo ambiente economico, sociale e politico di un mondo emergente pienamente industrializzato.

³ P. Picasso, *Les Femmes d'Alger (O. J. R.)*, Parigi, 1907

Come fu possibile tutto ciò? Si ispirarono alla medesima fonte, una persona: Henri Poincaré⁴, uno dei più grandi matematici del mondo.

Prima di Einstein, anche Poincaré affrontò il problema della simultaneità, si interrogò sui problemi legati alla simultaneità degli eventi. Pubblicò poi le sue teorie in un libro, *“La science et l’hypothèse”*⁵ (1902), in cui sostiene che non esiste un tempo assoluto.

Si sa per certo che il giovane impiegato presso l’ufficio Brevetti di Berna lesse questo libro, che molto probabilmente lo aiutò a sviluppare la sua Teoria della relatività ristretta.

Tuttavia la teoria di Poincaré non venne conosciuta solo nell’ambiente scientifico, anche Pablo Picasso ne venne a conoscenza indirettamente.

Fu Maurice Princet, uno dei giovani che partecipano alle accese discussioni della “bande à Picasso”, che, appassionato di matematica, comunicò a Picasso i concetti come gli spazi a più dimensioni e le geometrie non euclidee.

Non abbiamo la certezza che furono queste idee a cambiare il suo modo di rappresentare le cinque donne nel postribolo, ma non possiamo negare che tutti, scienziati e artisti, sono figli del loro tempo e dunque della società in cui vivono.

É un’opinione diffusa tra molti scienziati e artisti che esista un’unità profonda tra ricerca scientifica e ricerca artistica, e che le rivoluzioni in apparenza indipendenti siano in realtà frutto di un contesto culturale più ampio.

La linea che separa arte e scienza nell’età moderna resta tuttavia sottile; al centro, artisti e scienziati osservano e interpretano il mondo che li circonda, usando metodi ed espressioni diversi.

Questo divario culturale artificiale è maggiore nella nostra società, ciò nonostante alcuni visionari e istituzioni lo stanno colmando.

Ad esempio, le scuole di medicina stanno iniziando a incorporare l’arte nel loro curriculum.

⁴ Jules Henri Poincaré (1854 - 1912) era un matematico francese, fisico teorico, ingegnere e filosofo della scienza.

⁵ J.H. Poincaré, *La science et l’hypothèse*, 1902



Fig.2 Pablo Picasso, *Les demoiselles d'Avignon*, 1907

Ci sono infatti prove che l'uso dell'arte possa aiutare gli studenti di medicina ad "applicare le loro capacità di osservazione e interpretazione" e ad "accettare i fatti che l'ambiguità è inerente all'arte, alla vita e all'esperienza clinica e ci può essere più di una risposta a molte domande"⁶.

Una volta che si è manifestata la necessità di ristabilire lo stretto legame tra arte e scienza, altre istituzioni hanno iniziato a creare centri a questo scopo.

⁶ L. Zhu, Y. Goyal, *Art and science Intersections of art and science through time and paths forward*, EMBO reports, 2018, p.2-3
<https://www.embopress.org/doi/epdf/10.15252/embr.201847061>

Gli sforzi istituzionali più recenti in Europa includono il Wellcome Trust e il CERN di Ginevra.

Il Wellcome Trust ha avviato molteplici programmi di supporto, in particolare la collezione Wellcome, che utilizza mostre e podcast, tra gli altri mezzi, per sviluppare connessioni sostanziali tra scienza, medicina e arte.

Il CERN invita gli artisti a trascorrere del tempo presso l'istituzione, facilitando strette collaborazioni con scienziati, per comprendere e rappresentare la struttura dell'universo.

Questo desiderio degli artisti moderni di comprendere meglio la natura, la vita e l'universo mantiene una stretta connessione con il passato.

Durante il Rinascimento, Albrecht Dürer, l'artista che in seguito ispirò il libro fondamentale del matematico scozzese D'Arcy W. Thompson “*On Growth and Form*”⁷, preparò alcuni dei primi disegni e mappe xilografiche di stelle e costellazioni.

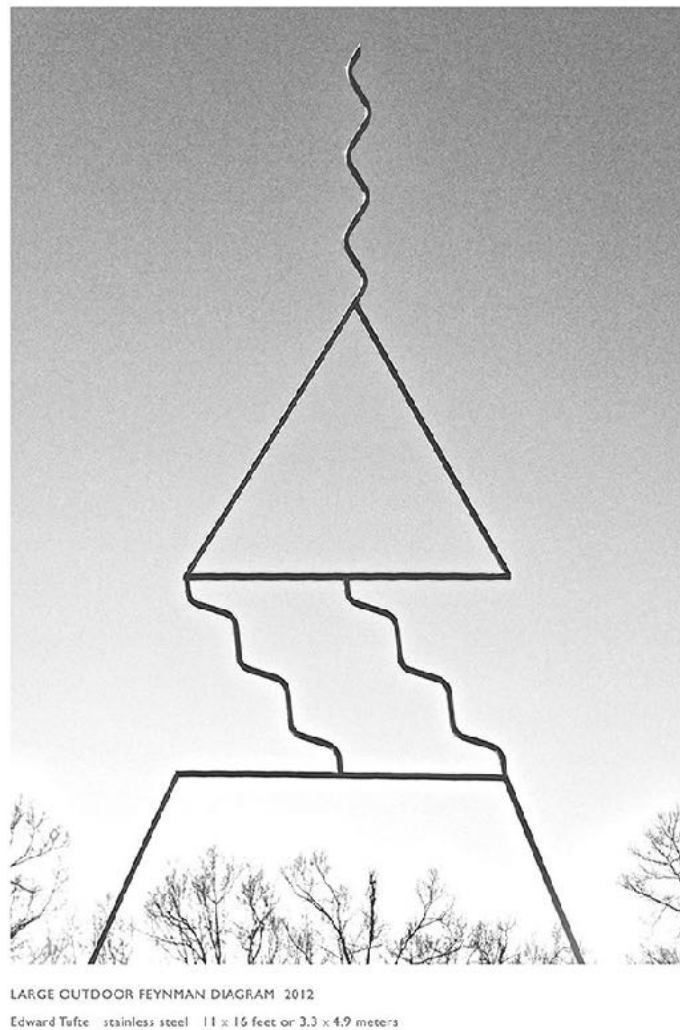


Fig.3 Edward Tufte, *Large outdoor Feynman diagram*, 2012

⁷ D.W. Thompson, *On Growth and Form*, Cambridge University Press, 1917

Le illustrazioni di Dürer vennero utilizzate per generazioni nei testi scientifici e continuano ancora adesso a ispirare educatori, scienziati e artisti.

I legami, come quelli tra i disegni di Dürer, il lavoro di Thompson sulla biologia e matematica, gli educatori e gli artisti moderni, rimangono nella cultura attraverso le discipline e attraverso i secoli, consentendo alle connessioni latenti ed emergenti di avere un impatto radicale e duraturo.

Una caratteristica importante della moderna fusione di arte e scienza è la comprensione e la comunicazione di idee astratte e di ordine superiore.

Guardiamo, per esempio, il lavoro di Tadashi Tokieda, fisico e matematico della Stanford University, che crea dimostrazioni artistiche di concetti matematici astratti.

Tokieda, pittore e matematico, usa il suo background unico per creare giocattoli eleganti che non solo dimostrano fenomeni eccitanti e realizzabili attraverso la sua ricerca, ma aiutano anche a sviluppare nuove ipotesi.

Parallelamente, gli artisti utilizzano disegni e concetti scientifici astratti per creare arte.

Le sculture in acciaio di Edward Tufte, un pioniere delle tecniche di visualizzazione dei dati, non sono solo "arte astratta luccicante"⁸, ma proprio come schizzi storici di organismi e stelle, sono una rappresentazione accurata di principi fisici, inclusi alcuni ispirati ai diagrammi di Richard Feynman (Fig.3).

Un'altra dimensione dell'integrazione contemporanea tra arte e scienza è l'uso della tecnologia.

Gli strumenti digitali, inclusi software come Inkscape e Adobe Illustrator, non solo sono diventati una piattaforma popolare per creare e condividere opere d'arte, ma stanno anche portando miglioramenti tecnici all'arte stessa.

Ugualmente, i recenti sviluppi nelle piattaforme computazionali semiautomatiche consentono di creare e rivedere dinamicamente illustrazioni di processi naturali sulla base di nuove scoperte.

⁸ L. Zhu, Y. Goyal, *Art and science Intersections of art and science through time and paths forward*, EMBO reports, 2018, p.3
<https://www.embopress.org/doi/epdf/10.15252/embr.201847061>

È probabile che questo approccio acceleri il ritmo con cui la società in generale apprende nuovi concetti.

Gli sforzi collaborativi della scienza e dell'arte contemporanea possono avere importanti conseguenze per la società consentendo la comunicazione di idee e l'accesso alla natura.

Il lavoro di Fabian Oefner, artista svizzero, che utilizza concetti scientifici tra cui l'elettricità e il magnetismo per progettare una bellissima arte time-lapse, è il rovescio della stessa medaglia. Oefner rende i concetti scientifici accessibili a un pubblico più



Fig.4 Danielle Bassett, Visualizzazioni delle connessioni strutturali del cervello.

ampio facendo conoscere “gli effetti invisibili delle scienze naturali”.

Oltre ad affrontare l'accesso alla scienza, queste collaborazioni possono anche riguardare questioni globali e sociali, tra cui il cambiamento climatico, la migrazione e lo sfollamento, le malattie e l'inquinamento.

Un'area interessante in cui l'arte contribuì a districare la complessità dei dati sono gli studi sulla struttura e la connettività del cervello umano, iniziati già alla fine del 1800.

Danielle Bassett, neuroscienziata e vincitrice della borsa di studio MacArthur nel 2014, guarda ai suoi dati di rete multidimensionali con una lente artistica, arruolando artisti e designer per aiutare a visualizzare la connettività cerebrale.

Questo team ricrea le reti neurali in uno spazio fisico ("volumetrico"), per vedere i dati in un modo prima irrealizzabile, producendo nel contempo un'opera d'arte (Fig. 4).

Fondamentalmente, l'arte e la scienza riguardano sia l'osservazione che l'interpretazione.

Che si tratti di utilizzare dati scientifici o tecnologie come IA (Intelligenza Artificiale) e RV (Realtà Virtuale) per creare arte o utilizzare l'arte per comprendere e comunicare la scienza, entrambi lavorano di pari passo.

La società ha raggiunto una grande specializzazione che ci ha permesso di aumentare la profondità dei nostri studi e il ritmo del nostro progresso tecnologico. Collegandosi all'arte attraverso conversazioni e progetti, gli scienziati ottengono nuovi strumenti per visualizzare i fenomeni naturali e comunicarne le complessità.

I risultati sia della scienza sia dell'arte hanno quindi recentemente tratto vantaggio dall'interazione apparentemente improbabile tra pennello e provetta.

Numerosi strumenti scientifici sono stati impiegati come nuove tecniche estetiche potenzialmente ricche per la visualizzazione di idee e fenomeni. Specifici risultati scientifici hanno spesso lanciato nuovi modi di pensare al mondo e al nostro posto in esso, maturi per l'interpretazione artistica.

Ora, se un'arte può trarre beneficio dalla scienza, potrebbe essere vero anche il contrario? Il mondo della scienza può guadagnare in molti modi diversi dalle arti, portando nuove prospettive e intuizioni. Ciò che la scienza può imparare dall'arte è costruire una relazione più impegnata con il pubblico. L'arte può fornire punti di vista unici, e spesso imprevedibili, che ci meravigliano o respingono, che ci inducono

a esaminare o sfidare idee e presupposti scientifici. Scienziati e artisti stanno cercando di creare mappe del mondo e del nostro posto in esso.

Molti autori, in particolare quelli che mirano a comunicare a un pubblico al di fuori della loro orbita professionale immediata, usano l'arte per stimolare il coinvolgimento, l'impatto e l'eccitazione.

Per molti scienziati, queste dimensioni sono a malapena implicite, ma per altri il motivo estetico è consapevolmente presente ovunque.

Ciò, come vedremo, è particolarmente evidente in astronomia e cosmologia.

1.2 Fotografia, ponte tra arte e scienza

Fotografia e scienza sono legate fin dal principio.

La macchina fotografica diventò un oggetto essenziale nel campo della ricerca, allo stesso tempo lo sviluppo della fotografia ha stimolato in modo diretto il progresso scientifico.

Lo sforzo dei pionieri della fotografia nel fissare le immagini contribuì enormemente allo sviluppo della chimica, nella scoperta di come i composti reagivano alla luce, e della fisica, nello sviluppo dell'ottica per raggiungere una messa a fuoco definita. Successivamente i ricercatori spinsero la fotografia molto oltre i sottili confini di quello che possiamo vedere con i nostri occhi, fino ai vasti tratti dello spettro elettromagnetico a lunghezza d'onda più lunghe e più corte della luce visibile, come i raggi x.

Tuttavia la fotografia è anche parte integrante dell'arte. È attraverso la combinazione riuscita di questi due elementi, arte e scienza, che si può realizzare la creazione di fotografie di ottima qualità .

La macchina, che crea arte, cattura e ci insegna anche la comprensione scientifica.

Spesso le fotografie che rappresentano elementi scientifici sono provocatorie, bellissime e affascinanti.

Proprio come la tecnologia ha cambiato il modo in cui la scienza si esprime (e sicuramente continuerà a cambiarla), così la tecnologia ha cambiato l'arte.

La fotografia fornisce un altro mezzo per registrare e interpretare il mondo, un'attività fondamentale sia per gli artisti sia per gli scienziati.

La storia della fotografia tuttavia, dimostra che il cambiamento tecnologico non è sempre immediatamente ben accetto. I confini fotografici tra arte e scienza sono infatti sempre stati sfuocati.

Uno dei primi fotografi il cui lavoro dura per la sua validità scientifica e artistica è Eadweard Muybridge (1830-1904), che emigrò dalla sua nativa Inghilterra negli Stati Uniti alla fine del 1860.

Come sottolinea lo studioso Van Deren Coke, gli studi sul movimento di Muybridge sui cavalli in corsa, registrarono per la prima volta tutti e quattro gli zoccoli di un cavallo in una fase della sua falcata, una rappresentazione che i pittori avevano allontanato come irrealistica.

In breve, ecco un'opera d'arte che offriva una nuova prospettiva sul mondo fisico, aggiungendo qualcosa alla nostra conoscenza della fisiologia e del comportamento animale.

Successivi progressi nella tecnologia fotografica hanno portato a una nuova comprensione di eventi e processi fisici che superavano la percezione umana.

La luce stroboscopica, ad esempio, sviluppata intorno al 1930 da Harold E. Edgerton, al Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, ha permesso di catturare fotograficamente gli eventi più istantanei e fugaci: un proiettile che perfora una mela o il movimento delle ali di un colibrì (Fig. 5).

“*Stopping Time*”, un libro di fotografie raccolte dalla lunga e illustre carriera di Edgerton, fu pubblicato nel 1987.

Lo stroboscopio fu anche utilizzato per ottenere effetti artistici sorprendenti dalla fotografa Berenice Abbott, che collaborava con il Physical Sciences Study Committee (PSSC) al MIT alla fine degli anni '50.

Il PSSC, come molte altre agenzie e comitati in quel momento, aveva la missione di valutare e migliorare l'educazione scientifica degli Stati Uniti dopo il lancio nel 1957 del satellite Sputnik dell'URSS.



Fig.5 Harold E. Edgerton, *Hummingbird*, 1947

Abbott creò centinaia di fotografie che illustrano i principi fisici per un libro di testo, progettato per rivitalizzare l'educazione fisica nelle scuole superiori.

Trent'anni dopo, queste immagini rimangono avvincenti: un pendolo, catturato in ogni fase della sua oscillazione, illustra la potenza e l'energia cinetica; i raggi luminosi colpiscono un prisma e cambiano direzione; una chiave inglese, colta di profilo perfetto, gira nello spazio nero.

Sviluppi più recenti, che hanno ulteriormente ampliato la portata dell'occhio umano, si prestano anche a considerazioni artistiche.

Jean Jacques Trillat, professore di microscopia elettronica e diffrazione all'Università di Parigi (Francia), discute come le immagini prodotte dalla radiografia a raggi X e dalla microscopia elettronica si possano riferire alla pittura astratta.

Confrontando, ad esempio, un dipinto modernista in movimento di una ragazza che corre, con una microfotografia elettronica di tellururo di piombo⁹ decorato da germi di cristallizzazione, Trillat offre diverse ipotesi.

Presuppone, per esempio, che gli artisti moderni siano stati a conoscenza dei recenti lavori in fisica e abbiano tratto ispirazione dalle immagini prodotte dai dispositivi moderni.

Trillat offre anche una spiegazione più timida: ipotizza che, dal momento che molti dei dipinti di cui discute in realtà ignorano le loro controparti al microscopio elettronico, è possibile che il pittore individui quasi inconsciamente le forme che la natura ha creato.

In altre parole, come dice lui, "Il pittore proietta il suo stato d'animo sulla tela e [...] spesso le forme che la sua immaginazione ha creato assomigliano a quelle che lo scienziato scopre autonomamente con gli strumenti"¹⁰.

Un esempio più contemporaneo dello stretto rapporto tra fotografia e scienza può essere quello di David Fathi che ricercò all'interno dell'archivio fotografico del CERN, Centro di fisica internazionale a Ginevra, evidenze dell'effetto Pauli.

La leggenda, infatti, dice che quando Pauli entrava in una stanza, gli esperimenti fallivano e i macchinari si guastavano. I suoi colleghi chiamarono scherzosamente questo fenomeno "L'effetto Pauli".

Questa ricerca, seria e giocosa allo stesso tempo, esamina la leggenda di Wolfgang Pauli¹¹, non solo come fondatore della teoria dei quanti, ma anche come una fonte misteriosa di incidenti ed esperimenti fallimentari. Gli spettatori del suo lavoro dovranno quindi decidere cosa sia reale e cosa inventato.

⁹ Composto di piombo e tellurio (PbTe)

¹⁰ E. Garfield, *Art and Science. Part 1. The art and science connection*, 1989
<http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v12p054y1989.pdf>

¹¹ Wolfgang Ernst Pauli (1900 - 1958) fu un fisico teorico austriaco e uno dei pionieri della fisica quantistica . Nel 1945, dopo essere stato nominato da Albert Einstein, Pauli ricevette il Premio Nobel per la Fisica per il suo "contributo decisivo attraverso la scoperta di una nuova legge della Natura, il principio di esclusione o principio di Pauli". La scoperta coinvolse la "teoria dello spin", che è la base di una teoria sulla struttura della materia.

Il dare e avere tra arte, scienza e fotografia è particolarmente evidente in questo momento, oggetto di innumerevoli opere d'arte e un numero crescente di articoli e libri.

È presente quasi quanto lo era agli inizi della fotografia e forse segnala una rinascita dell'ideale della fotografia, come mezzo artistico che forma una coppia inscindibile con la scienza.

La fotografia gioca un ruolo chiave nei dibattiti arte-scienza del XIX, XX e XXI secolo.

Questi dibattiti, che si svolgono in discussioni su come l'arte possa essere simile alla scienza o viceversa, su quali influenze esercitino reciprocamente, sul fatto che entrambe potrebbero essere viste anche in opposizione, si sono concentrati soprattutto sull'arte.

Ciò è particolarmente vero dal momento che gli artisti si rivolgono sempre più direttamente alla scienza come punto focale per la loro arte.

In questo dibattito sorgono domande comuni: creatività scientifica e creatività artistica sono simili? Le immagini dell'arte e della scienza condividono iconografie o un'estetica? Infine, le modalità di pensiero artistico scientifico possono portare alla risoluzione di problemi in ogni campo?

La fotografia ha poi un suo dibattito interno sull'arte e la scienza.

Per vent'anni, negli anni '50 e '60, la fotografia ha sofferto un'acuta crisi di identità. È nata dalla scienza, utilizzata nell'industria, ma impiegata da artisti in gran parte dilettanti, non come mezzo per un fine ma come fine a se stesso.

La fotografia alle esposizioni mondiali degli anni '50 dell'Ottocento fu esposta tra macchine per tessere, invenzioni per la stampa di libri, ferramenta e macchine a vapore, nel padiglione dell'Industria.

La fotografia stessa era chiaramente separata dalle belle arti e dalle arti decorative. Anche più tardi all'Esposizione Universale di Parigi del 1867, fu collocata in un proprio spazio, a metà strada tra i padiglioni dell'industria e delle belle arti.

Questi pochi decenni isolati hanno avuto un'influenza smisurata sul trattamento della storia della fotografia.

Nel tentativo di migliorare la reputazione degli artisti fotografi e di legittimare la storia fotografica come parte della storia dell'arte, è sorta una rigida divisione tra ciò che è visto come scientifico e ciò che è visto come artistico nella fotografia.

Sembra improbabile, tuttavia, che scienza e arte possano essere, o debbano mai essere, nettamente divise nella fotografia. Questo perché a differenza di altre arti visive, la fotografia non è solo un metodo per illustrare la scienza, è anche un metodo per fare scienza. In altre parole, è sia un'arte che una scienza, duplice ruolo di cui gli artisti e gli scienziati spesso si servono.

Il punto in cui la scienza finisce e inizia l'arte è spesso offuscato da oggetti scientifici, come nelle fotografie di Marey, che divengono parte del canone artistico.

In fisiologia, l'uso del metodo stroboscopico, o grafico, (come lo chiamava Marey) suddivideva il movimento umano e animale in momenti finemente distinti.

Ciò ha permesso l'analisi del passo, tralasciando l'insieme e concentrandosi sui pezzi. L'insieme, in questo caso il movimento, poteva essere ricombinato come un'immagine in movimento, tuttavia c'era la tendenza a vederlo come una serie di singoli movimenti discreti messi insieme, piuttosto che come un tutto continuo.



Fig.6 Etienne-Jules Marey, “*Man running*”, 1880 ca.

Il libro spesso citato di Aaron Scharf¹² "*Art and Photography*"¹³ è arrivato persino a utilizzare la grafica generata da una cronofotografia di Marey per illustrare il frontespizio.

L'immagine di Marey, uno studio sulla fisiologia umana, è qui impiegata come poster per la fotografia d'arte.

1.3 Arte e Scienza al CERN

Negli ultimi anni varie istituzioni scientifiche hanno coltivato nuovi modelli di dialogo e cooperazione tra scienziati e artisti, mentre musei e centri d'arte hanno sempre più incorporato nei loro programmi l'esplorazione dell'arte e della scienza.

Attualmente stiamo assistendo ad un accresciuto interesse per le aree ibride create tra le discipline.

Dal laboratorio allo studio degli artisti, dallo spazio urbano a scenari naturali remoti, si riconfigurano le interazioni tra artisti e scienziati.

Oggi è chiaro che l'impegno scientifico con le azioni culturali agisce come un importante motore per nuovi scenari, per lo scambio di conoscenze tra i campi.

Il modo in cui comprendiamo il nostro ambiente, le interazioni con altri esseri o la comprensione del modo in cui funziona la natura hanno costituito le unità comuni dell'arte e della scienza nel corso della nostra storia.

Il senso di stupore verso quali complessi fenomeni possano rivelare questi eventi, è un fascino per molti artisti che sono inevitabilmente attratti dal laboratorio.

Al CERN, l'Organizzazione europea per la ricerca nucleare di Ginevra, fisici e ingegneri stanno sondando la struttura fondamentale dell'universo.

Le particelle subatomiche infinitamente piccole richiedono che la tecnologia altamente avanzata sia portata al limite.

¹² Aaron Scharf (1922 – 1993) è stato uno storico dell'arte britannico di origine americana che ha contribuito in particolare alla storia della fotografia. Attraverso la sua indagine ha scoperto legami tra pittura (e altre forme d'arte) e fotografia, dimostrò come artisti usano la fotografia come riferimento e altri scopi, e come fotografi con aspirazioni artistiche si riferivano alla pittura nel loro lavoro.

¹³ A. Scharf, *Art and Photography*, Allen Lane, 1968

Situato a Ginevra, in Svizzera, il CERN (dal francese Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) è un immenso progetto di ricerca internazionale nella fisica delle particelle che indaga sull'origine e la composizione dell'universo sotto il motto "Il CERN accelera la scienza".

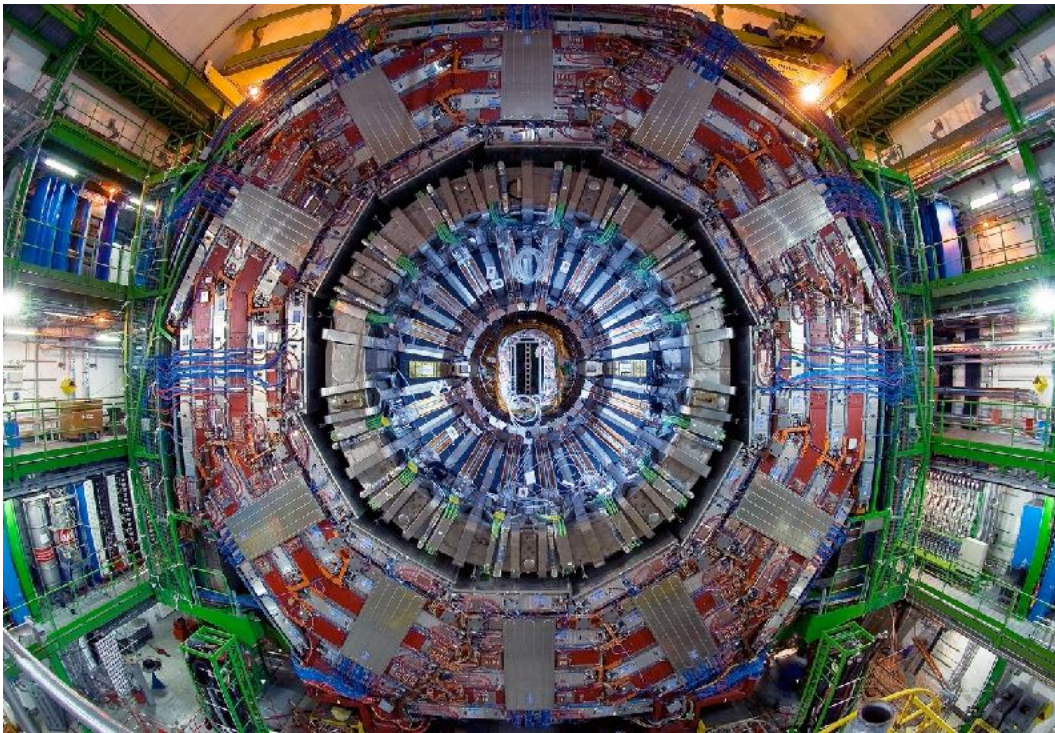


Fig.7 CERN, Large Hadron Collider, Il più grande e potente collisore di particelle del mondo situato vicino a Ginevra.

Uno studio interessante mira a dimostrare la teoria alla base del meccanismo di Brout-Englert-Higgs, secondo cui l'intero universo esisteva all'interno di un campo (il campo di Higgs) dopo il Big Bang, il quale avrebbe permesso alle particelle di interagire e avere una massa.

Questo spiegherebbe alla fine come esistiamo.

Chiunque visiti i locali non può che rimanere colpito dalla vastità e dall'ampiezza dell'iniziativa. Per descriverlo appieno bisogna ricorrere a numeri impressionanti: le strutture sotterranee dell'ormai famoso Large Hadron Collider (Fig.7) sono costituite da un imponente anello che misura ventisette chilometri, è interrato a circa cento

metri di profondità, ed è così grande da attraversare il confine tra Svizzera e Francia. Non meno di duemila persone impiegate dal CERN gestiscono le sue attività quotidiane e quasi diecimila scienziati, provenienti da oltre cento paesi, hanno collaborato per diversi decenni.

È in questo contesto unico che la stratega e curatrice culturale internazionale Ariane Koek ha avviato, progettato e diretto “Arts at CERN” (ex Arts@CERN) per dare tempo e spazio ad artisti e scienziati per esplorare e lavorare insieme.

Dal 2011 "Arts at CERN" ha ospitato una serie di programmi per artisti in residenza. Tuttavia, l'unicità di “Arts at CERN” non è data solo dalla possibilità per gli artisti di visitare ed essere ispirati dal CERN.

La sua unicità sta nell'offrire agli artisti l'opportunità di incontrare scienziati e di conoscere e immergersi in varie teorie e problemi scientifici senza alcun prodotto o risultato previsto o definito.

La visione del programma è sempre andata al di là degli scopi di comunicazione o di sensibilizzazione, l'obiettivo infatti è stato quello di aumentare la consapevolezza, di portare in laboratorio altre comunità creative con punti di vista, prospettive e domande sorprendenti, di ricontestualizzare la pratica degli scienziati e di incentivare conversazioni significative tra mentalità artistiche.

"Arts at CERN" si è evoluto negli anni grazie a un solido supporto istituzionale e ad una significativa rete di collaborazioni internazionali, che ora gestisce “Collide, Accelerate (dal nome dei grandi dispositivi tecnologici del laboratorio di fisica delle particelle) Guest Artists”, programma internazionale gestito in collaborazione con una città diversa ogni tre anni. La residenza annuale invita artisti di età superiore ai 18 anni e di qualsiasi nazionalità a promuovere la loro pratica artistica in connessione con la ricerca fondamentale al CERN.

Questo viene poi integrato dall'"Art Program Commissions & Exhibitions", che promuove la produzione artistica dopo il ritorno degli artisti nei loro studi.

Quando il programma fu fondato, l'accento fu posto sulla stimolante discussione intorno all'idea che la scienza e la sua natura e pratica non siano isolate.

L'interdisciplinarietà ne era una parte essenziale e un motto.

Il Direttore Generale del CERN Fabiola Gianotti ha dichiarato a Davos¹⁴ 2018:

“[...] sono molto favorevole a una cultura diversificata e multidisciplinare, dobbiamo rompere i silos culturali, quando si parla di discipline umanistiche e di scienza, arte e scienza, come se fossero incompatibili e si escludessero a vicenda, perché sono la massima espressione della creatività, della curiosità e dell'ingegno, dell'umanità”¹⁵.

Gli artisti del CERN sono attualmente accolti in laboratorio come parte di una strategia per aprire la scienza alla società e invitare i creatori a esplorare e immaginare un mondo multiforme, come una sfida.

Durante i programmi di residenza artistica "Collide, Accelerate Guest Artists" o al più recente "Art Commissions Programme" gli artisti lavorano al fianco di scienziati e ingegneri del CERN per sondare i limiti della ricerca in relazione alle grandi questioni della scienza contemporanea.

Da un punto di vista curatoriale, "Arts at CERN" tenta di rispondere a un modello di pratica culturale istituzionale, che alimenta e sostiene l'impegno degli artisti verso la fisica e le "scienze dure"¹⁶ e promuove la ricerca e la produzione di opere d'arte profondamente informate.

Gli artisti sono invitati a confrontarsi e a rispondere ad un'epoca di accelerazione dello sviluppo scientifico e tecnologico, ad attivarsi con le dinamiche e le complessità dell'ambiente fondamentale della ricerca.

Quando gli artisti arrivano al CERN, sono spinti da una comune e generale motivazione relativa alle domande su come attribuiamo un senso al mondo in cui

¹⁴ La località è nota in tutto il mondo perché ospita l'annuale Forum economico mondiale, un incontro fra i principali dirigenti politici e i principali esponenti economici.

¹⁵ M. Bello, *Field Experiences: Fundamental Science and Research in the Arts*, in *On Art and Science, Tango of an Eternally Inseparable Duo*, a cura di S. Wuppuluri, D. Wu, Springer, 2019, p. 204

¹⁶ Scienze dure è un'espressione utilizzata per indicare le scienze esatte (matematica e logica) e le scienze naturali (come la biologia, la chimica e la fisica) in contrapposizione a buona parte delle scienze sociali e umane.

viviamo, e su come i linguaggi dell'arte e della scienza vengano applicati a tali domande.

Detto questo, persone diverse porteranno ovviamente approcci diversi e le dinamiche tra singoli artisti e scienziati seguiranno sempre percorsi sorprendenti.

Le metodologie della scienza e della tecnologia avanzate e dei relativi strumenti collocano l'artista in un ambiente caratterizzato da una precisione e una complessità spesso estranee al campo delle arti.

In qualità di laboratorio di fisica delle particelle al CERN esiste un impulso collettivo a stabilire un obiettivo comune: scoprire i costituenti fondamentali della natura.

Gli strumenti sviluppati per perseguire questo obiettivo assumono molteplici forme, dai microcircuiti discreti alla vasta scala del Large Hadron Collider (LHC) (Fig.7) e dei suoi rilevatori di particelle.

Entrando nel laboratorio diventa chiaro che non sarà semplice comprendere l'ampia gamma di esperimenti, la loro scala e funzione, i modelli che possono rappresentare attraverso schemi teorici profondamente specializzati ed espressi in linguaggio matematico.

Oggi la scienza e la tecnologia giocano un ruolo cruciale nella definizione dell'esperienza umana e nella comprensione degli strumenti e dei processi che consentono alla conoscenza di avanzare.

Nei laboratori così come negli ambienti di osservazione, dove gli artisti sono invitati a indagare e diventare parte della comunità di ricerca, può essere applicato un approccio multiprospettico al "lavoro sul campo", consentendo l'apertura di indagini per pensare a un'arte e pratica scientifica nuova e più rivelatrice.

L'incontro con l'esperienza del "remoto" è lì: dall'osservazione dei cieli, dei mari, di terre lontane e scenari non umani, luoghi estremi e persino regni subatomici invisibili.

Tutti questi diventano parte intrinseca della pratica artistica contemporanea e fonti di ispirazione, indagine e ricerca sul campo all'interno del mondo fisico.

Al CERN gli artisti rivelano ed esplorano fenomeni, idee e storie di scoperta al di fuori dell'esperienza umana quotidiana, rendendoci capaci di intuirli e sperimentarli o in qualche modo coglierne il significato e la profondità.

L'uso di dati fisici in forma visiva viene esplorato in "HALO", l'ultima monumentale opera d'arte di dati del duo britannico Semiconductor (composto da Ruth Jarman e Joe Gerhardt) (Fig.8).

Quest'opera incarna in modo straordinario il fascino artistico dell'esperienza della natura attraverso la lente della scienza contemporanea e della tecnologia avanzata.

L'opera d'arte è un'installazione su larga scala che incarna il fascino continuo di Semiconductor per il modo in cui noi tutti sperimentiamo la materialità della natura attraverso la lente della scienza e della tecnologia.

Nel 2015, gli artisti parteciparono ad un progetto di ricerca al CERN e iniziarono a lavorare con i dati catturati da ATLAS, il più grande dei quattro rivelatori del Large Hadron Collider (LHC), che si trova in una caverna a cento metri sotto terra vicino al sito principale del CERN, a Meyrin (Svizzera).

Fasci di particelle dell'LHC si scontrano al centro di questo rivelatore e generano detriti di collisione sotto forma di nuove particelle, che volano fuori dal punto di collisione in tutte le direzioni.

Prendendo la forma di un grande cilindro, la struttura ospita una proiezione a 360° di dati scientifici mentre i 384 fili verticali di una matrice sono "riprodotti" dagli stessi dati, per creare il suono.

L'opera attira lo spettatore al suo centro per vivere i risultati delle collisioni di particelle, prodotte dall'esperimento al CERN: la grandezza dell'esperimento è tale da voler sondare e migliorare la nostra attuale comprensione della struttura fondamentale della materia, contribuendo a nuove teorie che descrivono meglio l'universo.

Utilizzando i dati grezzi delle collisioni ATLAS, gli artisti cercano di trasmettere la firma della tecnologia, il segno dell'architettura dell'esperimento, per riflettere finalmente sulla creazione dell'uomo dietro di essa.



Fig.8 Semiconductor, *HALO*, Audemars Piguet Art Commission, 2018

La loro intenzione è quella di far confrontare lo spettatore con i dati prima che siano stati elaborati per il consumo scientifico.

Gli eventi di collisione tra particelle che formano i dati fondamentali di “HALO” si verificano a una velocità prossima alla luce e i tempi sono misurati in milionesimi di secondo.

Accedendo ai metadati con la collaborazione degli scienziati, gli artisti hanno potuto accedere alle sequenze temporali e rallentarle.

HALO è stato presentato in anteprima all’Art Basel nel giugno 2018 nell’ambito dell’Audemars Piguet Art Commission 2018, a cura di Mònica Bello.

Questa prestigiosa commissione è stata fondata dall’azienda di orologeria di Le Brassus, in Svizzera, per supportare nuove opere d’arte che riflettano una visione artistica unica, traendo ispirazione dalla complessità e dalle nozioni di precisione che sono inerenti sia all’orologeria che alla fisica delle particelle.

L’adozione di concetti, strategie e metodologie scientifiche è stata messa in primo piano nel lavoro di Andy Gracie, artista ospite al CERN nel 2016.

Il suo lavoro abbraccia l'idea che gli esseri umani siano creature guidate dalla curiosità: un desiderio di conoscenza ha spinto il loro sviluppo nella specie dominante che cambia il pianeta.

Gli umani attribuiscono un significato alle cose, agli oggetti e agli eventi.

Il sottile e mutevole equilibrio tra conoscenza, comprensione e significato si gioca attraverso le arti e le più ampie espressioni della cultura.

Le nostre indagini ed esperimenti ci portano sempre più vicino ad una teoria completa (irraggiungibile?) di tutto.

Mettendo da parte la nozione di disciplina, qualunque cosa stiamo studiando, stiamo comunque sempre studiando l'universo.

Ogni aspetto della nostra esistenza e ogni nostra riflessione è un fattore della venuta all'esistenza dell'universo.

L'esperimento creativo attraverso le discipline costituisce il fulcro dell'approccio di Gracie, che realizza un lavoro ispirato e informato dalla scienza, ma svolto nel campo dell'arte.

Ogni opera è un esperimento, in un modo o nell'altro, per capire "come funzionano le cose": le loro proprietà, le loro composizioni, i loro stati informativi, le loro potenzialità e il loro significato.

Sono un processo di inquadramento dei sistemi come strategie per sollevare domande; come proposte speculative piuttosto che costrutti empirici definitivi.

Opere come "*Drosophila titanus*" e la serie "*Deep Data*" hanno fatto uso della simulazione in vari formati per permetterci di porre domande su come l'ambiente spaziale e le forme di vita organiche terrestri potrebbero interagire.

In "*Drosophila titanus*", il moscerino della frutta *Drosophila melanogaster* è stato esposto per un periodo di anni ad elementi, progressivamente intensificati, presenti su Titano, il più grande satellite del pianeta Saturno.

L'obiettivo era seguire un rigoroso processo scientifico per vedere quanto una specie potesse adattarsi alla sopravvivenza in ambienti non terrestri.

In "*Deep Data*" vari organismi modello, lander e robot, sono esposti alle condizioni spaziali per vedere come si adattano durante gli esperimenti in tempo reale.

I soggetti del test sono collocati in ambienti in cui un minimo di nuovi stimoli susciterà comportamenti e modelli di crescita diversi dalla norma.

Laddove stanno ricreando lo spazio o ambienti non terrestri, non stanno ricostruendo l'universo ma ricontestualizzano elementi di fenomeni spaziali all'interno di sistemi funzionanti e mirati.

La nozione di esplorazione dello spazio e comprensione dell'ambiente spaziale è centrale per la maggior parte del lavoro di Andy Gracie.

Da più di cinquant'anni lanciamo robot e dispositivi nello spazio per scoprire di più su cosa sia effettivamente lo spazio e per sapere come siamo arrivati fin qui.

Gracie vede questa sovrabbondanza di piattaforme scientifiche come un'estensione della nostra corteccia sensoriale, che ci consente di posizionare la nostra consapevolezza in più punti in tutto il sistema solare.

La storia e la formazione del nostro sistema solare, il nostro immediato vicinato, e probabilmente l'estensione logica e pratica delle nostre esplorazioni, fornisce un ricco territorio per l'indagine artistica.

L'artista ha lavorato con particelle di polvere interplanetaria, frammenti di materiale antico che, infatti, raccontano molto sulla formazione del sistema solare.

Possono dirci quanto sia effettivamente onnipresente la chimica organica nello spazio e quindi darci indizi sulle origini della vita sulla terra.

Possono anche ricordarci come la nostra stessa presenza qui sia un battito di ciglia, quanto poco sappiamo e come guardare in alto verso l'oscurità sia una profonda ossessione dentro di noi tutti.

Non siamo mai stati in possesso di tante conoscenze come lo siamo ora. La scienza oggi ha raggiunto stadi di avanzamento senza precedenti.

Tuttavia, man mano che avanziamo nella nostra comprensione della conoscenza e delle possibilità offerte dalla tecnologia, diventiamo anche consapevoli che i codici del mondo non sembrano più dipendere da noi.

Ci troviamo a un livello non umano, una modalità in cui la natura, metaforicamente, ci ha abbandonato. Gli artisti del CERN utilizzano un'infinità di modi per mettere in discussione la natura, dai modelli teorici a scenari sperimentali complessi.

L'esperienza di "fare scienza", non solo come processo razionale, ma come un modo per regolare le intuizioni e combinare le conoscenze diventa rilevante nel corso del tempo passato con la comunità del CERN.

I progetti artistici descritti tendono a concentrarsi sui complessi e, a volte nascosti, intrecci tra pratiche artistiche e scientifiche.

Sia l'arte che la scienza hanno un profondo rapporto con la conoscenza e la rappresentazione, con la sperimentazione tecnica della natura e con le tracce, gli eventi, i fenomeni, i manufatti e le sperimentazioni.

Ad un'attenta osservazione emerge uno schema complesso, che rivela complicità e differenze sorprendenti tra le varie pratiche in queste diverse discipline, indissolubilmente legate tra loro.

Le modalità di lavoro del laboratorio trovano il loro valore nel contesto del CERN, uno degli ambienti scientifici più diversi e più vasti del mondo.

Le proposte artistiche acquistano nuovo carattere una volta che entrano in contatto con la fisica delle particelle e la sua esplorazione delle forme fondamentali della materia.

I fenomeni della natura possono essere esplorati in modi non ortodossi, come afferma Mariele Neudecker (artista residente nel 2015-2016) riguardo ai più grandi esperimenti: la complessità e precisione tecnica

“[...] incoraggiano (l'artista) a riconsiderare le intangibili periferie del micro e del macro, le transizioni spesso sfuggenti tra analogico e digitale, il carattere-modello degli esperimenti basati sul tempo, in cui il presente è inesorabilmente preoccupato per gli eventi passati e futuri [...]”¹⁷

¹⁷ M. Bello, *Field Experiences: Fundamental Science and Research in the Arts*, in *On Art and Science, Tango of an Eternally Inseparable Duo*, a cura di S. Wuppuluri, D. Wu, Springer, 2019, p. 211

Il spesso citato Marshall McLuhan ha affermato che: "[...] è sempre stato l'artista che percepisce le alterazioni nell'uomo causate da un nuovo mezzo, che riconosce che il futuro è il presente e usa il suo lavoro per prepararlo"¹⁸.

La verità è che sia gli artisti che gli scienziati sperimentano la spinta a comprendere ciò che sfugge al nostro controllo.

Sia la scienza sia l'arte cercano di aumentare la consapevolezza dei cambiamenti che porteranno alla futura esplorazione e apprezzamento di essi e quindi a un impegno sociale e culturale.

Senza pensatori indipendenti e radicali nell'arte e nella scienza i progressi nella conoscenza rimarrebbero glacialmente lenti.

Inoltre, accanto a pensatori indipendenti, abbiamo bisogno di metodi pionieristici per riunire modi radicali di pensiero e strategie per la comprensione.

Come sostenuto dal fisico di ATLAS, Mark Sutton, che collabora ampiamente con il duo artistico Semiconductor durante la produzione di HALO,

“[...] Sempre più la nostra comprensione del mondo informa il modo in cui la società funziona, quindi è importante che impariamo a comunicare l'avanguardia della nostra comprensione nel modo più ampio e diversificato possibile. L'impegno artistico potrebbe perciò aiutare a mantenerlo maggiormente in primo piano nelle nostre menti. È un altro modo in cui possiamo rimanere in contatto con il mondo reale.”¹⁹.

¹⁸ M. Bello, *Field Experiences: Fundamental Science and Research in the Arts*, in *On Art and Science, Tango of an Eternally Inseparable Duo*, a cura di S. Wuppuluri, D. Wu, Springer, 2019, p. 211

¹⁹ M. Bello, *Field Experiences: Fundamental Science and Research in the Arts*, in *On Art and Science, Tango of an Eternally Inseparable Duo*, a cura di S. Wuppuluri, D. Wu, Springer, 2019, p. 211

Capitolo 2: Fotografia scientifica

2.1 Storia della fotografia scientifica: le fotografie che hanno segnato la storia della scienza

L'osservazione dei fenomeni ottici e dell'azione fisico-chimica della luce su alcuni elementi, aveva dato alla fine del Settecento l'avvio alla ricerca di tecniche in grado di rendere possibile una riproduzione della realtà senza alcun intervento manuale.

L'eliografia di Nicéphore Niépce²⁰ (*"Point de vue de la fenêtre"*, 1826-1827), conosciuta oggi come la "prima fotografia", costituì il primo risultato concreto dei tentativi fino ad allora effettuati per "fissare" in maniera permanente le immagini fugaci registrate dalla camera oscura.

Tuttavia, il primo vero e proprio procedimento fotografico pratico a godere di un successo commerciale universale, è stato quello della dagherrotipia, inventato dal pittore e creatore del diorama Louis Jacques Mandé Daguerre²¹.

²⁰ Joseph-Nicéphore Niépce (1765 - 1833) fu ufficiale delle armate rivoluzionarie nel 1792, nel sud della Francia e in Sardegna: nel 1797 ritornò in Sardegna e sembra che lì, con suo fratello, per la prima volta ebbe l'idea della fotografia. Dopo aver brevettato nel 1807 un motore a combustione interna, si dedicò alla ricerca di un metodo che consentisse di fissare direttamente le immagini, prima su una lastra e poi su altri supporti. Nel 1826 realizzò la prima fotografia al mondo (intendendo con questo un'immagine interamente ottenuta con la luce): era il panorama dalla sua finestra di campagna, copia unica su lastra di peltro.

Dopo aver cercato di avere una sovvenzione dalla Royal Society di Londra, Niépce si associò a Daguerre, anch'egli alla ricerca di un sistema per fissare le immagini: insieme elaborano un nuovo metodo, non più basato sul bitume di giudea, ma su una resina ottenuta dall'essenza di lavanda sciolta in alcool.

²¹ Louis-Jacques-Mandé Daguerre (1787 - 1851). Pittore e decoratore teatrale, realizzò nel 1822, con Ch.M. Bouton, il diorama (distrutto da un incendio nel 1839), teatro ottico che sfruttava una particolare tecnica scenografica. Nel 1824 iniziò gli esperimenti per giungere a fissare le immagini riprese mediante camera oscura su supporti sensibilizzati, culminati nel 1837 nell'invenzione della dagherrotipia.

Il 7 gennaio 1839, il fisico François Arago²², nel corso di una lezione all'Académie des Sciences di Parigi presenta il "dagherrotipo", una tecnologia fotografica che potesse essere usata su larga scala e che fosse riproducibile.

La sua invenzione era basata su una speciale proprietà dello ioduro di argento: quando esposto alla luce, le molecole subiscono una trasformazione chimica che, dopo una successiva esposizione ai vapori di mercurio, porta alla creazione di ombre e linee color carbone. Più intensa è la luce, più scure risulteranno le impronte.

Il dagherrotipo (chiamato anche lo "specchio dotato di memoria") è un tipo di immagine che contiene nella stessa copia il positivo e il negativo. Infatti, a seconda dell'angolazione con il quale viene colpito dalla luce, l'immagine appare sia positiva che negativa, creando l'effetto della tridimensionalità.

Nascendo da un procedimento direttamente positivo, l'immagine dagherrotipica è un *unicum*, può essere riprodotta solo rifotografandola.

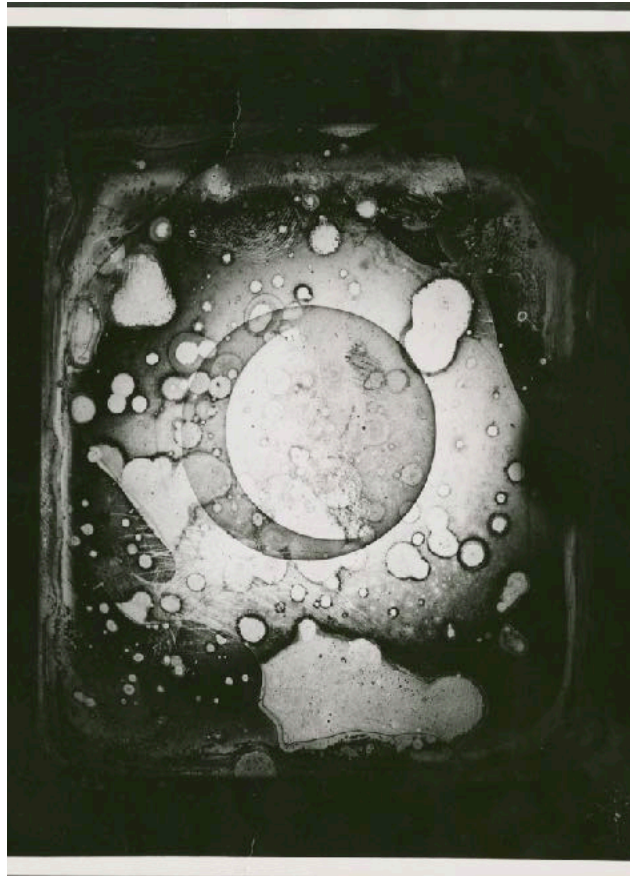


Fig.9 Dagherrotipo della luna realizzato da John William Draper, 1840

²² François Arago (1786 - 1853) fisico e astronomo francese. Segretario del *Bureau des longitudes* dell'Osservatorio di Parigi, partecipò con J. Biot alle operazioni di misurazione del meridiano terrestre in avventurose spedizioni alle Baleari. Membro dell'Accademia delle Scienze, prof. di geometria analitica e geodesia all'École polytechnique e di astronomia all'Osservatorio, membro e poi direttore del Bureau des longitudes. Entrato nella vita politica, fu deputato e ministro della Marina e della Guerra. Divenne celebre per le sue conferenze astronomiche.

Daguerre inizialmente pensava che la sua invenzione sarebbe stata utile soprattutto per uso personale in diari di viaggio, installazioni artistiche e documenti architettonici.

Tuttavia, fu usato molto nelle osservazioni scientifiche durante il XIX secolo, grazie alla sua abilità di catturare la realtà e fissarla per un esame approfondito.

Gli astronomi furono tra i primi ad utilizzare questa tecnica.

Nel 1840 lo scienziato anglo-americano John William Draper²³, realizza la prima fotografia di un corpo celeste: un dagherrotipo della luna, attraverso un'esposizione di venti minuti (Fig.9).

Lo stesso anno della presentazione del dagherrotipo al pubblico, un altro personaggio importante per la storia della fotografia, Sir John Herschel²⁴, scoprì che l'azione dell'iposolfito di soda fissa le immagini fotografiche in modo permanente, fece vari esperimenti e fotografie su vetro e si dice fu il primo ad introdurre la parola "fotografia" al pubblico.

Nel 1841 l'inventore britannico William Henry Fox Talbot²⁵, che anni prima aveva replicato all'affermazione di Daguerre di aver inventato la fotografia esibendo immagini di campioni fotomicrografici realizzati con il suo microscopio solare alla Royal Society di Londra, introduce il suo processo brevettato di calotipi²⁶ (o "talbotipi") per negativi su carta.

²³ John William Draper (1811 – 1882) fu uno scienziato, filosofo, fisico e storico anglo-statunitense.

²⁴ Sir John Herschel (1792 - 1871) figlio dell'astronomo Frederick William Herschel, inizialmente fu un giurista. Successivamente si dedicò come il padre all'astronomia, riprendendone pure l'osservatorio. Fu il primo a utilizzare il calendario giuliano nell'astronomia, portò importanti contributi al miglioramento dei procedimenti fotografici del periodo (dagherrotipia e calotipia), scoprendo la proprietà del tiosolfato di sodio, al tempo iposolfito di sodio, nel fissaggio dell'immagine. Coniò, inoltre, i termini fotografia, negativo e positivo.

²⁵ William Henry Fox Talbot (1800 - 1877) fisico, letterato e archeologo. Nel corso di ricerche di ottica, studiò un processo di fissazione delle immagini su carta sensibile mediante la luce (1839); questo processo che, opportunamente modificato da lui stesso, ebbe il nome di *calotipia*, quindi quello di *talbotipia*, segnò un decisivo progresso nella storia della fotografia, ma non sopravvisse tuttavia alla scoperta del procedimento al collodio.

²⁶ Calotipia: un foglio di carta sensibilizzato con nitrato d'argento, tenuto al buio fino al momento d'esposizione, sviluppato con gallonitrato d'argento e fissato con iposolfito di sodio. Successivamente il supporto veniva sviluppato e fissato in modo da ottenere il negativo dell'immagine, fonte di tutte le immagini successive. A differenza del dagherrotipo, la calotipia possedeva meno qualità di stampa e inferiore definizione dei dettagli, rendendo quindi più importante e prezioso il dagherrotipo. (URL <http://www.albesteiner.net/scuola/radio/fototesti/calot.htm>)

Qualche anno dopo, nel 1844, pubblicherà poi la prima puntata di “*The Pencil of Nature*”²⁷, il primo libro illustrato fotograficamente offerto in vendita al pubblico.

Il nuovo mezzo fotografico, abbracciato e personalizzato con entusiasmo dai primi adattatori delle scienze, ebbe un ruolo fondamentale anche nella raccolta dati, nel modo in cui gli scienziati illustravano e condividevano il loro lavoro.

In questo fu essenziale il lavoro di Anna Atkins, spesso accreditata come la prima donna a scattare una fotografia. Fu una botanica britannica che imparò a conoscere la fotografia da amici di famiglia e dai primi innovatori della produzione di immagini, William Henry Fox Talbot e Sir John Herschel.

Le immagini che realizzò furono prodotte posizionando campioni di piante, che aveva raccolto, su fogli di carta cianografica²⁸ sensibile alla luce.

I libri di fotografie rilegate che produsse tra il 1843 e il 1853, tra cui “*Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions e Cyanotype of British and Foreign Ferns*”²⁹,



Fig.10 Anna Atkins, *Asplenium ruta muraria*, Inghilterra, 1853

²⁷ William Henry Fox Talbot, *The Pencil of Nature*, Longman, Brown, Green and Longmans, Londra, 1844

²⁸ Carta cianografica, sensibilizzata utilizzando ferro-cianuro di potassio e citrato di ferro ammoniacale, questo portava la bozza cianografica di colore azzurro a lasciare emergere i tratti delle immagini in bianco.

²⁹ Anna Atkins, *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions e Cyanotype of British and Foreign Ferns*, Londra, 1843 - 1853.

sono tra i primi esempi di atlanti fotografici; se ne conoscono solo diciassette copie (Fig. 10, Fig. 11).

Negli anni '50 del XIX secolo due grandi esposizioni contribuirono alla diffusione della fotografia, celebrando lo sviluppo tecnologico e scientifico: nel 1851 al Crystal Palace di Londra si tenne la “*Grande esposizione dei Lavori dell’industria di tutte le Nazioni*”, la prima Fiera mondiale, dove venne esaltata la tecnologia e vennero presentate immagini fotografiche e attrezzature; nel 1855 l’*Exposition Universelle* di Parigi celebrò il progresso scientifico con un’ampia esposizione di fotografie relative a diversi temi

come l’astronomia, le specie vegetali e animali, le persone nel mondo, le malattie mentali e fisiche e le catastrofi naturali.

Verso la fine del XIX secolo le immagini fotografiche, che ormai si basavano su una nuova tecnica di trasferimento delle immagini da lastre di vetro rivestite d’argento su carta, divennero uno strumento fondamentale per il settore scientifico e iniziarono ad apparire sempre più frequentemente sui libri e sulle riviste scientifiche.

Da allora il ruolo della fotografia nella scienza continuò a crescere.

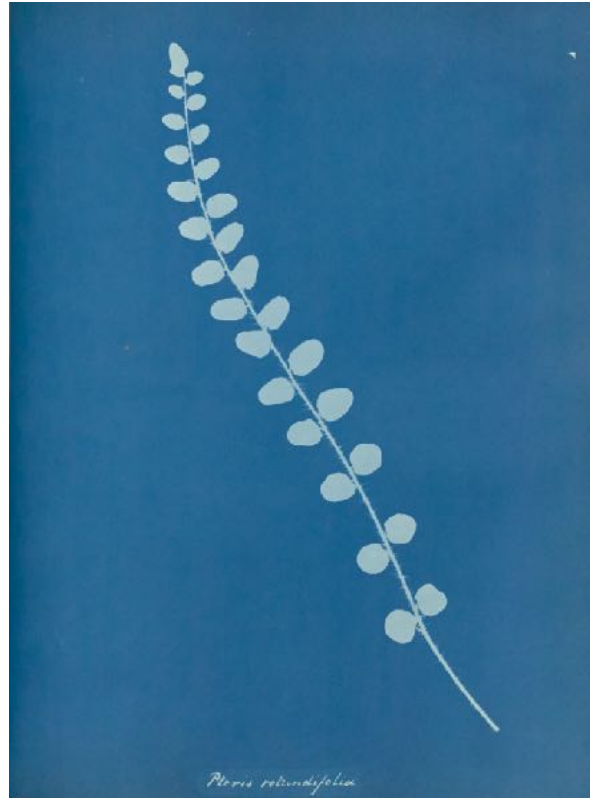


Fig.11 Anna Atkins, *Pteris rotundifolia*, Inghilterra, 1853

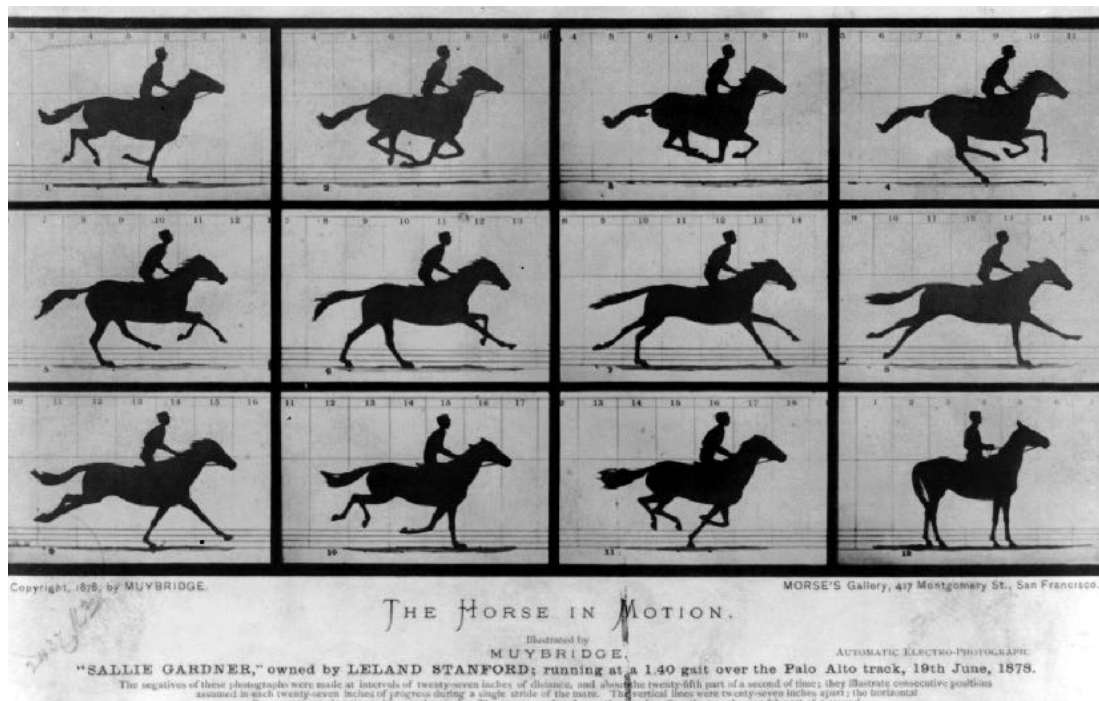
Vediamo l'esempio della rivista "Nature"³⁰, ancora oggi una delle riviste più importanti in campo scientifico, che fu prodotta per la prima volta nel 1869.

Negli ultimi anni dell'800 il giornale inizia ad inserire fotografie nelle sue pagine che accompagnano le illustrazioni già presenti. Negli anni '50 del XX secolo le fotografie venivano utilizzate in modo regolare fino ad arrivare in copertina negli anni '70.

Sempre verso la fine del XIX secolo si ha la pubblicazione di "The Expression of the Emotions in Man and Animals"³¹ (1872) di Charles Darwin³², uno dei primi testi scientifici che includono illustrazioni fotografiche.

Negli ultimi anni del XIX secolo vanno poi ricordati altre due grandi figure che contribuirono fortemente allo sviluppo della fotografia scientifica.

Pioniere dell'immagine stop-motion fu il fotografo imprenditore inglese Eadweard Muybridge³³, che truccò un sistema di una dozzina di fotocamere in California nel



³² Charles Darwin (1809 - 1882) naturalista, filosofo e medico inglese. Dopo un viaggio di cinque anni intorno al mondo, formulò una la teoria che lo rese celebre: la teoria sull'evoluzione delle specie animali e vegetali per selezione naturale agente sulla variabilità dei caratteri ereditari, e della loro diversificazione e moltiplicazione. Pubblicò la sua teoria sull'evoluzione delle specie nel libro *L'origine delle specie per selezione naturale* (1859), che è il suo lavoro più noto. Le sue idee hanno contribuito a formare la cultura del Novecento.

³³ Eadweard Muybridge (1830 - 1904) fotografo britannico, pioniere della fotografia del movimento

1870 per aiutare Leland Stanford³⁴ a saldare una scommessa sull'andatura di un cavallo purosangue, sostenendo che tutti e quattro gli zoccoli in corsa possono essere sollevati da terra contemporaneamente (Fig. 12).

Muybridge continuò a perfezionare la sua configurazione di sincronizzazione della fotocamera e a studiare ulteriormente la locomozione fotografando modelli umani e, negli anni '80, un assortimento di animali ospitati nei giardini zoologici di Philadelphia.

Le sue immagini composite, spesso scattate su sfondi a griglia per rendere il movimento più evidente e misurabile, sono state ampiamente pubblicate e hanno contribuito a trasformare la pratica, la portata e l'aspetto della fotografia scientifica.

Il rapporto tra fotografia e scienza fu poi segnato da un altro episodio abbastanza sorprendente avvenuto a Parigi nel 1895, quando il fisico tedesco Wilhelm Conrad Röntgen³⁵ osservò che la radioattività passava attraverso molti materiali tra cui la nostra carne, ma non attraverso le ossa e meno che mai, attraverso i metalli.

Famosa è la storia: in camera oscura la moglie di Röntgen poggiò la mano sulla lastra fotografica in presenza di una sorgente di radioattività. Una volta sviluppata la lastra si ebbe un'insolita immagine della mano, la lastra fotografica aveva registrato solamente le ossa e l'anello all'anulare, mentre la carne era come svanita (Fig. 13).

Si comprese che un certo tipo di radiazione passa attraverso i materiali in maniera selettiva. Ciò dipende dal peso molecolare della materia che distingue la materia soft da quella hard: la nostra pelle è soft mentre le nostre ossa sono hard.

In quegli anni la fotografia era già molto nota e diffusa, ma l'episodio destò comunque un notevole clamore e rese evidente come la fotografia potesse perfino rivelare l'invisibile.

³⁴ Amasa Leland Stanford (1824 – 1893) è stato un industriale e politico americano. Servì come 8° Governatore della California dal 1862 al 1863 e rappresentò la California al Senato degli Stati Uniti dal 1885 fino alla sua morte nel 1893. Lui e sua moglie Jane furono anche i fondatori della Stanford University. Stanford incaricò il fotografo Eadweard Muybridge di intraprendere studi scientifici sull'andatura dei cavalli al trotto e al galoppo presso l'ippodromo dell'Agricultural Park a Sacramento.

³⁵ Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923) fisico tedesco, il suo nome è legato alla scoperta della radiazione elettromagnetica nell'intervallo di frequenza oggi noto come raggi x.

Le immagini a raggi X furono diffuse largamente sia dalla stampa quotidiana sia dalle riviste scientifiche fotografiche e specializzate.

Fino a quel momento la fotografia non aveva avuto un grande successo come metodo di osservazione in medicina e anatomia. In alcuni casi venne utilizzata, tuttavia le fotografie rimanevano troppo vaghe rispetto ai disegni anatomici.

Tutto ciò cambiò con la fotografia a raggi X.

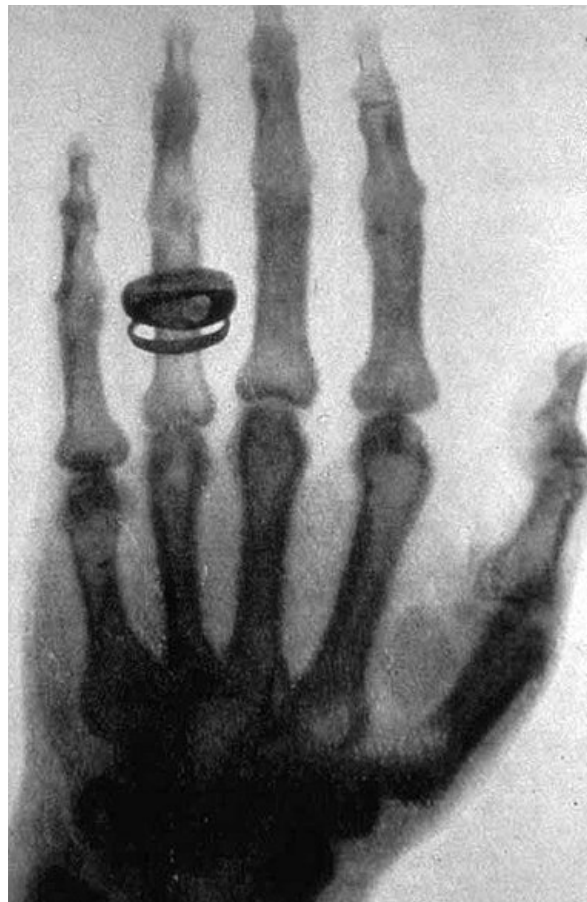


Fig.13 Wilhelm Conrad Röntgen,
radiografia della mano della moglie

Nel XIX secolo e durante il periodo d'Avanguardia degli anni '20, i raggi X erano soggetti popolari per la loro strana estetica ultraterrena. Molte radiografie, anche nel contesto della medicina, sono state fatte specificatamente con l'effetto ottico in

mente, in parte perché i raggi X "migliori" potrebbero significare una capacità diagnostica più chiara.

Ma più si guardano le radiografie prima delle avanguardie, più diventa chiaro che la gente le trovava semplicemente belle. Gli autori di immagini a raggi X rivendicavano il copyright per le loro immagini.

Spesso capitò che scienziati che iniziarono a fare fotografie per scopi sperimentali le trovassero così belle che continuarono a farle come forma d'arte.

La fotografia a raggi X arrivò in un momento in cui l'affidabilità della fotografia era fortemente messa in discussione sia in ambito scientifico sia nella cultura popolare.

La retorica di sostituire l'occhio umano limitato e affaticabile con la fotografia cominciava a svanire sotto il peso di ritrattisti incompetenti e uomini fin troppo sicuri di se stessi.

Si diffusero sempre più fotografie di spiriti e eventi falsi, ritratti e paesaggi pesantemente ritoccati, accentuavano l'idea che la fotografia fosse un mezzo malleabile.

I media malleabili tuttavia non sono materia di osservazione oggettiva e passiva.

L'osservazione scientifica prima della fotografia richiedeva non solo anni di scrupolosa acquisizione di abilità, ma anche una capacità di concentrazione e attenzione ai dettagli pari a quella di un genio.

L'osservazione dopo l'invenzione della fotografia era invece molto più facile, più affidabile e notevolmente più accurata se lasciata ai dispositivi della fotografia.

Tuttavia questa retorica dell'oggettività e affidabilità fotografica non sempre veniva accettata, c'era chi la riteneva incapace di rappresentare la realtà naturale, che mentisse e che fosse soggettiva.

Questa indecisione sul fatto che la fotografia fosse o non fosse oggettiva permeò quasi tutta la ricerca scientifica del XIX secolo.

È stata parte integrante dei dibattiti internazionali su come osservare i transiti di Venere, come studiare i corpi in movimento, come creare archivi medici, come fotografare i monumenti, come preservare le collezioni museali e di molte, molte altre controversie.

Questi dibattiti del XIX secolo continuarono anche nel XX, e rivelano molto sulla mutevolezza dell'osservazione scientifica e sull'oggettività fotografica.

La fotografia ha pagato un prezzo altissimo per la sua associazione con il culto socialmente potente dell'osservazione: era collegata alla passività richiesta per un'osservazione di successo.

I problemi che questo le ha causato come mezzo non sono insignificanti.

Anche se scarsissima la tensione tra mondo artistico e scientifico, la natura della fotografia era evidente nel primo decennio dopo la sua pubblica invenzione, prima della fine del secolo il problema dell'oggettività definì il mezzo.

La posta in gioco non era solo in quale padiglione esporre la fotografia alle mostre internazionali o se le fotografie potessero essere ammesse ai saloni, anche se questi argomenti avessero una certa importanza.

No, riguardava la crescente e sempre più professionale attività della fotografia come disciplina a sé stante.

Doveva diventare arte, aderire alla visione artistica e alla creatività e contribuire alle mostre? O doveva diventare scienza, fare osservazioni meccaniche passive e contribuire ad illustrare riviste e atlanti?

Come sappiamo ora, era destinata a diventare entrambe le cose, non senza qualche lotta e non senza cambiare entrambi i campi in modi sottili e non.

Gli esempi specifici sono forse i migliori per ottenere un senso del cambiamento che la fotografia ha affrontato nel ventesimo secolo.

Nel 1901, Henri Becquerel³⁶, il terzo di una generazione di chimici e fisici parigini ad usare la fotografia, ha esposto 10 fotografie alla 46esima mostra annuale della Royal Photographic Society³⁷. In questa prima mostra le immagini di Becquerel vennero unite alle microfotografie di esemplari geologici di Thomas Freshwater e alle fotografie della luna di Henry Frost.

Nel 2008, una delle sue immagini della stessa serie è stata esposta al "San Francisco Museum of Modern Art" come esempio dell'incarnazione della modernità nella fotografia scientifica.

³⁶ Henri Becquerel (1852 - 1908) fisico francese, premio Nobel e scopritore della radioattività.

³⁷ Royal Photographic Society è un'organizzazione fotografica fra le più antiche al mondo. Fondata a Londra nel 1853 come Photographic Society of London con l'obiettivo di promuovere l'arte e la scienza della fotografia.

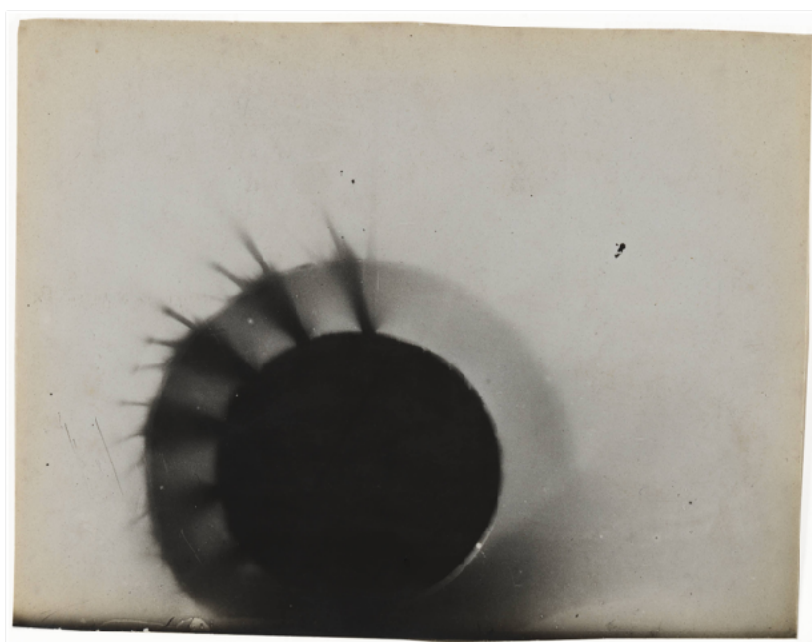


Fig. 14 Henri Becquerel, *Cristallo di sale di uranio*, ca. 1903

Becquerel era già abbastanza conosciuto, perché alcune delle sue fotografie erano state realizzate per la serie di esperimenti che gli fece vincere il premio Nobel insieme a Pierre e Marie Curie.

Queste fotografie, parte di un metodo fotografico per registrare le qualità fisiche della radioattività, riguardavano tanto i progressi della tecnologia fotografica quanto le radiazioni (Fig.14).

Becquerel, come molti astronomi e scienziati in Francia e Inghilterra, usò le famose piastre al bromuro d'argento³⁸ dei fratelli Lumière³⁹. Erano alcune delle piastre secche in gelatina più veloci e consistenti sul mercato.

³⁸ Nel 1871 l'inglese Richard Leach Maddox pubblicò un articolo sul *British Journal of Photography* in cui presentava la ricetta chimica di una nuova emulsione fotografica di sua invenzione, ottenuta con la gelatina animale. Maddox, infatti, aveva sciolto la gelatina in acqua e aggiunto poi una soluzione di bromuro di cadmio e una di nitrato d'argento, formando così per reazione un'emulsione contenente bromuro d'argento, una miscela che soppiantò rapidamente quella al collodio, in quanto più difficoltosa da utilizzare per la sua poca sensibilità alla luce. Con l'emulsione alla gelatina ci furono incredibili miglioramenti nella qualità delle immagini poiché, essendo più sensibile e quindi più veloce all'esposizione della luce, essa permise di fissare in una frazione di secondo soggetti in movimento.

³⁹ Auguste Marie Louis Nicolas Lumière (1862 - 1954) e Louis Jean Lumière (1864 - 1948), sono stati due imprenditori francesi, inventori del proiettore cinematografico e tra i primi cineasti della storia.

Inoltre, utilizzò quello che ha chiamato “metodo fotografico”⁴⁰, un metodo per scoprire informazioni qualitative su tutti i tipi di radiazioni.

I metodi fotografici hanno assunto tutti i tipi di forme e dimensioni e hanno dominato la scena scientifica per quasi 100 anni a partire dagli anni '70 dell'Ottocento.

Sebbene molti di questi metodi siano stati designati con il titolo di “metodo fotografico”, alcuni, come la lastra Janssen, non lo erano.

I metodi fotografici esistevano in una vasta gamma di scienze, dalla microscopia alla fisiologia, dall'astronomia alla fisica.

Il metodo utilizzato da Becquerel era singolare perché usò la fotografia in un modo completamente diverso.

Invece di rappresentare gli oggetti illuminandoli con la radiazione, fece dell'illuminazione l'oggetto delle sue immagini, come avrebbe fatto uno spettroscopista⁴¹, e poi girò il consueto orientamento su un lato.

Costruì una speciale forma di piombo per contenere la radioattività e per formare i raggi, inviandoli attraverso la lastra e creando un'immagine dall'aspetto molto particolare, che agli occhi moderni sembra molto astratto.

La sua innovazione era moderna, perché faceva a meno di forme tradizionali di fotografia senza lenti o fotogrammi come vengono talvolta chiamati.

Becquerel controllava la lastra fotografica per mostrare ciò che voleva mostrare, né più né meno.

Ha progettato gli esperimenti per includere la direzionalità nella sua “illuminazione”, che è stata anche l'oggetto delle fotografie.

Così la sua mostra del 1901 ha mostrato non solo la radioattività e le nuove radiazioni alfa, beta e gamma appena isolate, ha anche mostrato come l'osservazione fotografica negli esperimenti era una questione di vasta manipolazione.

Era l'esatto opposto della meccanicistica passiva.

⁴⁰ Il metodo fotografico o l'elaborazione fotografica sono i mezzi chimici con cui la pellicola o la carta fotografica vengono trattate dopo l'esposizione fotografica per produrre un'immagine negativa o positiva. L'elaborazione fotografica trasforma l'immagine latente in un'immagine visibile, la rende permanente e la rende insensibile alla luce. Tutti i processi basati sul processo gelatina-argento sono simili, indipendentemente dal produttore della pellicola o della carta.

⁴¹ La spettroscopia è un potente metodo di indagine della struttura della materia che si basa sull'analisi della scomposizione della luce da questa emessa nelle sue lunghezze d'onda fondamentali. In breve, la spettroscopia si occupa della misurazione e dell'interpretazione degli spettri che risultano dall'interazione di radiazione elettromagnetica con la materia.

Il metodo di Becquerel per identificare fotograficamente i tre raggi in termini di deviabilità è stato da molti dimenticato, ma le immagini rimangono.

In parte questo distacco dal loro contesto originale consente loro di essere facilmente appropriati dall'arte moderna. Parte della bellezza della fotografia è questa robusta capacità di riappropriazione come arte o scienza e la fluidità con cui si muove tra le due.

Le immagini di Becquerel ci dicono tanto sulla fotografia all'inizio del secolo quanto su quella all'inizio del secolo successivo.

Nella Royal Photographic Society, rappresentavano il progresso della fotografia come strumento della scienza. Successivamente al "San Francisco Museum of Modern Art" illustrano una visione della scienza e della società sviluppata attraverso la fotografia.

Nei dibattiti sull'arte e la scienza, come si sono svolti dalla fine del XIX secolo e nel XX secolo, è notevole osservare che la fotografia è spinta a colmare il divario apparentemente insormontabile tra due campi disparati, arte e scienza.

Sia gli scienziati che il pubblico hanno "visto" per molti decenni la scienza attraverso il prisma della fotografia. Innumerevoli studenti hanno anche studiato arte attraverso lo stesso prisma.

È vero quindi che la fotografia è senza dubbio una tecnica visiva messa al servizio di varie discipline.

È anche una scienza a sé stante e un'arte a sé stante, che porta a tre il suo conteggio di identità.

Per molti anni, artisti e studiosi hanno scovato questi interessanti incroci. Gli anni '20 furono particolarmente fruttuosi sotto questo aspetto.

László Moholy-Nagy⁴² ha invitato non solo la scienza e l'industria, ma anche le fotografie scientifiche e industriali ad infondere di significato l'arte contemporanea.

⁴² László Moholy-Nagy (1895 - 1946) è stato un pittore e fotografo ungherese naturalizzato statunitense esponente del Bauhaus.

Gyorgy Kepes⁴³ ha continuato questa tradizione ed oggi è infatti comune vedere non solo motivi scientifici nella fotografia contemporanea, ma vedere la fotografia scientifica come fotografia d'arte.

Con il XX secolo le scoperte in ambito scientifico aumentarono sempre più e questo rese il rapporto tra fotografia e scienza ancora più profondo.

Proprio grazie ad un serie di fotografie poté essere confermata la “Teoria della relatività generale”⁴⁴ di Einstein⁴⁵.

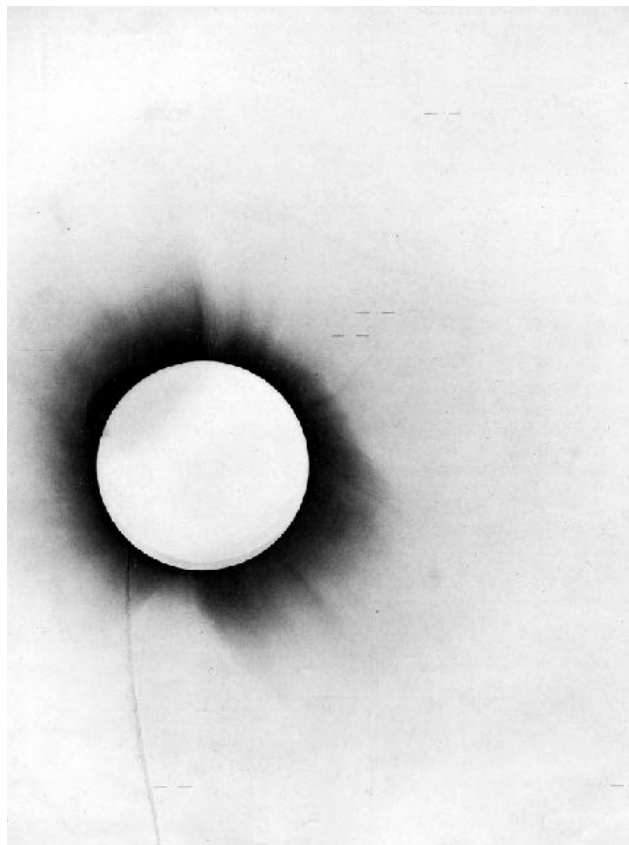


Fig. 15 Una delle fotografie di Arthur Eddington dell'eclissi del 1919, presentate in un articolo del 1920.

⁴³ Gyorgy Kepes (1906 - 2001) è stato un designer ungherese. Fu inoltre un pittore, educatore e teorico dell'arte.

⁴⁴ Teoria della relatività generale, elaborata da Albert Einstein e pubblicata nel 1916, è l'attuale teoria della fisica della gravitazione. La previsione di Albert Einstein della flessione della luce dovuta alla gravità del Sole, uno dei punti cardini della teoria generale della relatività, fu verificata durante un'eclissi solare, quando le stelle con posizione apparente vicine al Sole risultavano visibili.

⁴⁵ Albert Einstein (1879 - 1955) è stato un fisico tedesco naturalizzato svizzero e statunitense. Considerato uno dei più grandi fisici del XX secolo, conosciuto per la famosa equazione che stabilisce la relazione tra l'energia e la massa di un sistema fisico: $E=mc^2$

Una fotografia relativamente ordinaria di un'eclissi solare il 29 maggio 1919 confermò una rivoluzione nella scienza (Fig. 15).

L'astronomo britannico Arthur Eddington⁴⁶ scattò diverse fotografie della corona solare (guidò una spedizione in Africa occidentale e ne inviò un'altra in Brasile) mentre la luna oscurava il sole e registrò la deflessione della luce proveniente da un ammasso stellare noto come Iadi⁴⁷, a causa della gravità del sole.

Einstein sosteneva che la luce sarebbe stata deviata dalla curvatura nel continuum spazio temporale creato da un oggetto enorme.

La notizia che la Teoria della relatività generale era stata dimostrata si diffuse rapidamente.

Queste fotografie non solo dimostrarono che la teoria di Einstein era corretta, ma furono strumentali nel trasformare il fisico in una celebrità globale e molto fotografata.

Come già accennato precedentemente, durante la prima metà del '900 si avvicinarono alla scienza anche artisti d'avanguardia che videro nel rapporto tra la scienza e la fotografia un ruolo fondamentale per lo sviluppo dell'arte.

Tra questi ricordiamo Lászlò Moholy-Nagy, artista del Bauhaus, il quale descrisse il suo interesse per le immagini scientifiche in termini di una "nuova visione", spiegando che spettava agli artisti esplorare il potenziale della visione tecnologica per cambiare il modo in cui il mondo veniva percepito.

Questo concetto presente nel suo trattato "*Pittura, fotografia, film*"⁴⁸, non solo comprendeva l'etica del Bauhaus dell'utilità della fotografia sia industriale che scientifica, ma deriva anche da un forte ceppo biocentrico del Costruttivismo che era particolarmente prominente nella Repubblica di Weimar dell'epoca. Chiese quindi l'apprezzamento degli aspetti visivi formali delle fotografie scientifiche e l'uso di

⁴⁶ Arthur Stanley Eddington (1882 - 1944) fu uno dei più importanti astrofisici dell'inizio del XX secolo.

⁴⁷ In astronomia, le Iadi sono un brillante ammasso aperto di stelle visibile nella costellazione del Toro. Di fatto, rappresentano la testa dell'animale indicato dalla costellazione. Si tratta dell'ammasso aperto più vicino a noi.

⁴⁸ Lászlò Moholy-Nagy, *Pittura, fotografia, film*, Monaco, 1925

tecnologie scientifiche come raggi X e fotogrammi per realizzare fotografie artistiche.

Il libro era un manifesto per la rivelazione delle strutture naturali nascoste attraverso la fotografia scientifica.

Moholy-Nagy e i contemporanei Christian Schad⁴⁹ e Man Ray⁵⁰ adottarono tutti il fotogramma come metodo per impiegare l'iconografia "scientifica".

"Fotogramma" è la terminologia utilizzata nell'arte per qualsiasi immagine senza fotocamera.

Sebbene la stessa tecnologia sia spesso impiegata per realizzare immagini per scopi scientifici, queste sono raramente, se non mai, chiamate fotogrammi, forse proprio perché la parola è stata inventata all'interno delle arti.

Nel XIX secolo, "fotogramma" veniva impiegato per indicare qualsiasi fotografia che avesse un potenziale artistico, da qui "*Photograms of the Year*", la pubblicazione londinese delle migliori fotografie pittoriche.

Gli anni '20 videro quindi il massimo splendore della fotografia scientifica nell'arte, specialmente per quanto riguarda le forme naturali.

Ricordiamo due fotografi tedeschi che si dedicarono alla rappresentazione della natura: Albert Renger-Patzsch⁵¹ e Karl Blossfeldt⁵².

Nel 1928 Albert Renger-Patzsch pubblicò "*Die Welt ist schon*"⁵³ (Il mondo è bello), album di fotografie della natura.

Il titolo non fu scelto da lui, egli ne avrebbe voluto uno molto più forte, "*Le cose*", un titolo molto rigoroso che attribuiva anche agli elementi naturali una specifica oggettualità, un oggetto prelevato dalla realtà attraverso la fotografia.

⁴⁹ Christian Schad (1894 - 1982) fu un pittore tedesco.

⁵⁰ Man Ray (1890 - 1976) è stato un pittore, fotografo e grafico statunitense esponente del Dadaismo.

⁵¹ Albert Renger-Patzsch (1897 - 1966) è stato un fotografo tedesco associato alla Nuova Oggettività.

⁵² Karl Blossfeldt (1865 - 1932) è stato un fotografo, scultore e insegnante tedesco. Conosciuto principalmente per le foto di nature morte ritraenti fiori e organismi viventi. È ritenuto un importante esponente della Nuova Oggettività.

⁵³ Albert Renger-Patzsch, *Die Welt ist schon*, Germania, 1928

La copertina originale dell'album aveva rappresentato un palo del telegrafo simbolo della modernità e un'agape simbolo della natura, ma una natura scultorea, molto rigorosa con forme ben definite.

Durante gli anni '20-'30 specialmente in Germania, questo tipo di album fotografici si diffuse molto e diventò una sorte di dizionario della visione, mirato ad una alfabetizzazione visiva.

Questo deriva dall'idea che l'immagine, soprattutto quella fotografica sia lo strumento principale per la nuova alfabetizzazione.

Vediamo come l'impaginazione dell'album sia molto chiara e precisa. Una sola fotografia per ogni pagina, si tratta di ingrandimenti di piante, fiori o foglie che vengono indagate attraverso l'obiettivo fotografico con uno sguardo quasi scientifico. L'attenzione indaga principalmente le forme, la loro somiglianza con altri tipi di oggetti, così che piante e fiori acquisiscano un carattere scultoreo.

Va notata anche la nitidezza con cui vengono resi i dettagli, attraverso un forte gioco tra chiaro e scuro e un contrasto che permette di far risaltare meglio alcuni dettagli su altri.

Tutto ciò sottolinea la volontà di indagine, di scrutare a fondo, tipica della ricerca scientifica.

Lo stesso anno venne pubblicato anche un altro album fotografico dal titolo significativo "*Urformen der Kunst*"⁵⁴ (Forme originarie dell'arte), del fotografo Karl Blossfeldt.

In quest'opera si ricerca nelle forme naturali l'origine delle forme create dall'uomo, delle architetture e degli oggetti.

La sua fotografia, sempre molto oggettiva, si caratterizza in particolare per il rigore e la perfezione estetica, quindi per il controllo formale dell'immagine spesso ottenuta attraverso l'estrema semplificazione e l'utilizzo di forti chiaroscuri.

Per raggiungere questo effetto sono fondamentale l'inquadratura, la nitidezza della luce, la composizione e la messa fuoco.

⁵⁴ Karl Blossfeldt, *Urformen der Kunst*, Germania, 1928

Composto da lastre sciolte per fotoincisione, “*Urformen der Kunst*” non era tanto un libro quanto una raccolta di fotografie destinate all'uso in classe, che conservava parte dello scopo didattico originale delle lastre di vetro realizzate da Blossfeldt nel corso di diversi decenni (Fig.16).



Fig.16 Karl Blossfeldt, *Adiantum pedatum* (1898-1926)

Scattate nel suo studio in condizioni strettamente simili a quelle per le fotografie dei campioni: sempre alla luce del giorno indiretta, sempre con lastre di vetro simili, sempre con uno sfondo bianco; Blossfeldt ha usato il suo archivio di diapositive per lanterne per insegnare ai suoi studenti le diverse forme delle piante.

Sebbene queste immagini siano state pubblicate per la prima volta negli anni '20 del XX secolo, ha continuato a realizzarle per molti decenni.

Durante il XX secolo iniziarono poi ad evolversi approcci più narrativi all'immaginario scientifico.

Le immagini realizzate nel corso della ricerca richiesero, come minimo, didascalie, per spiegare il loro contenuto e avvicinare un pubblico più ampio.

A differenza delle immagini scientifiche che devono aderire a metodologie precise, quelle progettate per attirare l'attenzione del pubblico sono concepite e costruite tenendo conto di altri criteri.

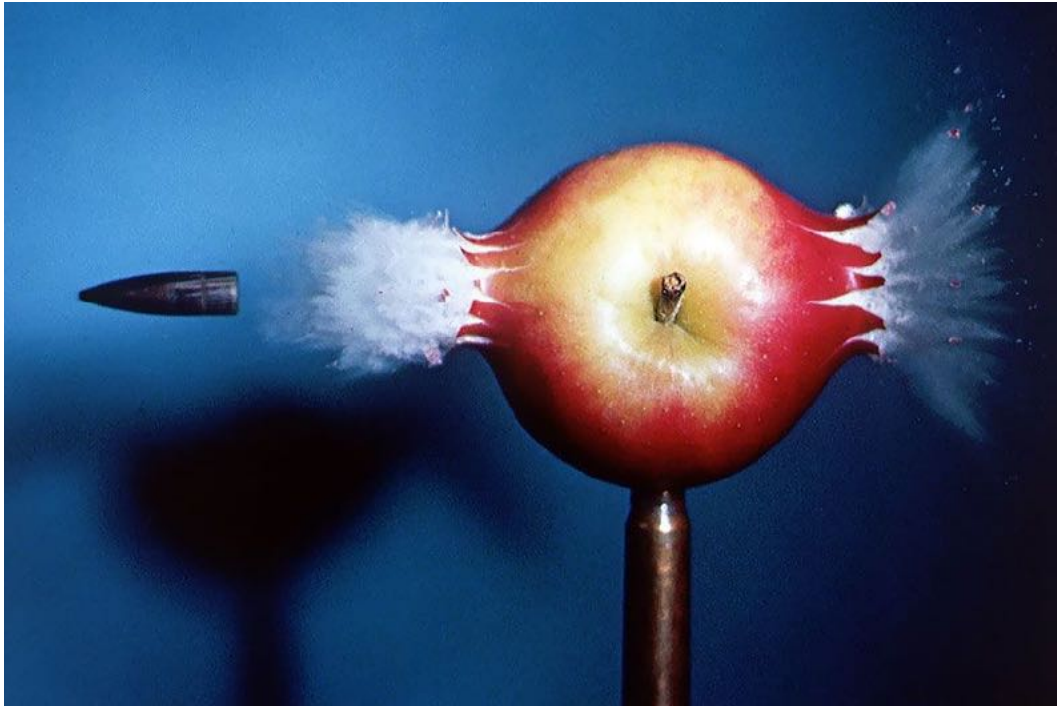


Fig.17 Harold E. Edgerton, *Proiettile attraverso una mela* (1964)

Prendiamo come esempio Harold E. Edgerton⁵⁵, l'ingegnere elettrico che rivoluzionò la tecnica della luce stroboscopica negli anni '30.

La chiarezza narrativa e grafica delle sue fotografie fermano il tempo: eleganti corone sollevate da gocce di latte, percorsi di proiettili in velocità mentre squarciano semplici oggetti per la casa; con queste ha entusiasmato il pubblico rielaborando concetti che prima interessavano solo agli specialisti (Fig.17).

Il lavoro pionieristico di Edgerton nella fotografia stroboscopica e nei film in stop motion ha trasformato non solo la ricerca scientifica, ma anche i regni del fotogiornalismo, della produzione, della sorveglianza notturna, dell'oceanografia, dell'archeologia e dell'intrattenimento.

Inventore, imprenditore ed educatore, Edgerton ha ideato tecniche e apparecchiature brevettate che hanno permesso di visualizzare e rendere comprensibili momenti prima invisibili nel tempo e nello spazio in immagini inaspettatamente belle e audaci, quanto utili.

⁵⁵ Harold E. Edgerton (1903 - 1990) è stato uno scienziato e ricercatore americano, professore di ingegneria elettrica presso il Massachusetts Institute of Technology. È ampiamente accreditato per aver trasformato lo stroboscopio da oscuro strumento di laboratorio in un dispositivo comune.

Prima della fotografia, le immagini scientifiche erano artefatti realizzati a mano da scienziati o prodotti da artisti che lavoravano sotto la loro direzione in un processo collaborativo noto come “vista a quattr’occhi”. Non importa però quanto meticolosamente i soggetti fossero resi, la soggettività inevitabilmente si insinuava.

Quando la fotografia venne introdotta fu apprezzata in particolare per la sua istantaneità e precisione.

Ma diventerà chiaro che anche la visione meccanizzata ha i suoi limiti e l’obiettività non è mai facile da raggiungere.

Ancora oggi ricercatori e medici devono essere formati non solo per guardare con attenzione a ciò che si aspettano di vedere, ma anche per cercare dati o relazioni inaspettati che potrebbero, riflettendoci, rivelarsi importanti.

La fotografia scientifica rappresenta: “Due livelli di osservazione, uno fatto al momento, e tutte le osservazioni successive”⁵⁶.

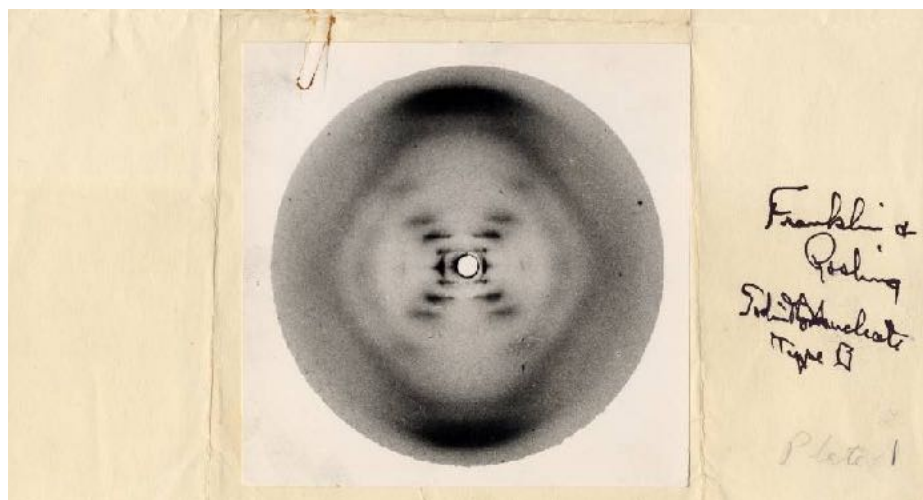


Fig. 18 Rosalind Franklin, “Foto 51”, 1952

⁵⁶ Marvin Heiferman, *Seeing Science, How photography reveals the Universe*, Aperture, 2019, p.010

Uno degli esempi più noti di questi tipi di ripensamenti fotografici si è verificato quando a James Watson⁵⁷ e Francis Crick⁵⁸ è stato attribuito il merito di aver concettualizzato l'architettura tridimensionale della doppia elica del DNA, che si è verificata solo dopo che agli scienziati era stata mostrata, e avevano riflettuto, una minuscola fotografia bidimensionale di diffrazione dei raggi X realizzata da Raymond G. Gosling, uno studente laureato che lavorava sotto la direzione di Rosalind E. Franklin⁵⁹, che sarebbe diventata una delle fotografie scientifiche più consequenziali mai realizzate (Fig.18).

L'ormai consolidata relazione tra artisti e fotografia scientifica portò alla realizzazione da parte di una fotografa americana, Berenice Abbott⁶⁰, di una serie di immagini scientifiche, sponsorizzate dal Physical Science Study Committee⁶¹, presenti in un libro di testo di fisica del liceo.

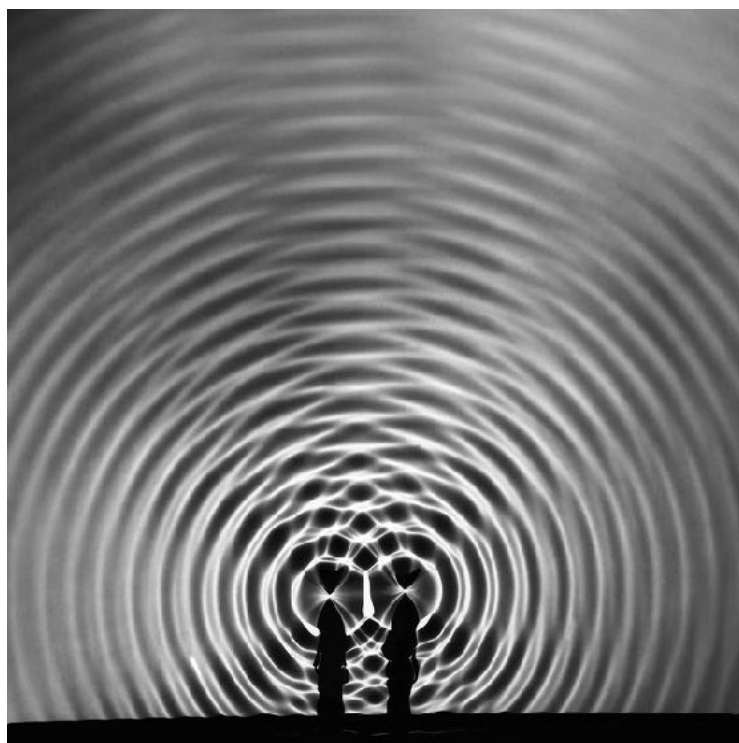


Fig. 19 Berenice Abbott, *Studio delle interferenze di due onde*, 1954 ca.

U t i l i z z ò u n o

⁵⁷ James Watson (1928) è un biologo statunitense. Assieme a Francis Crick e Maurice Wilkins ricevette il Premio Nobel per la medicina nel 1962 per le scoperte sulla struttura molecolare degli acidi nucleici e il loro significato nel meccanismo di trasferimento dell'informazione genica negli organismi viventi.

⁵⁸ Francis Crick (1916 - 2004) è stato un neuroscienziato, biofisico, biologo molecolare britannico, premio Nobel per la medicina nel 1962.

⁵⁹ Rosalind E. Franklin (1920 - 1958) è stata una chimica, biochimica e cristallografa britannica.

⁶⁰ Berenice Abbott (1898 – 1991) è stata una fotografa statunitense.

⁶¹ Il Physical Science Study Committee (PSSC) è stato un comitato scientifico istituito presso il Massachusetts Institute of Technology di Boston nel 1956 con lo scopo di sottoporre a revisione l'insegnamento della fisica nella scuola secondaria superiore.

stroboscopio⁶² per fotografare una pallina da golf che rimbalza ogni trentesimo di secondo, illustrando le leggi della meccanica.

Questa foto fu utilizzata come immagine di copertina per il manuale di fisica. Un'altra delle sue immagini, un fotogramma realizzato con il suo metodo “super sight”⁶³, che mostra modelli di interferenza nell'acqua, è stata utilizzato come retrocopertina (Fig. 19).

Le sue fotografie di fenomeni fisici, insieme a quelle realizzate da Harold Edgerton e altri, sono stati utilizzati in tutto il 1960 dal Physical Science Study Committee, influenzando una generazione di studenti di fisica americani.

Con l'avanzare degli anni e il progredire delle scoperte scientifiche sempre più immagini scientifiche divennero iconiche.

Prima tra tutte è l'immagine a colori della Terra che sorge sulla Luna realizzata dall'astronauta William Anders dell'Apollo 8 (Fig.20).

“Earthrise”, una delle fotografie scientifiche più conosciute e ampiamente riprodotte, è stato un colpo di fortuna.



Fig.20 William Anders, *Earthrise*, 1968

⁶² Apparecchio che, utilizzando l'effetto stroboscopico, consente l'osservazione di un moto periodico, rotatorio o vibratorio veloce (per es. la rotazione di un'elica, il movimento di una valvola di scarico di un motore a scoppio) e la misurazione della frequenza del moto.

⁶³ Forma di fotografia macroscopica sviluppata da Berenice Abbott agli inizi degli anni '40. Ancora oggi il meccanismo del metodo “super sight” rimane un mistero.

La vigilia di Natale del 1968, dopo tre giorni di viaggio spaziale, la navicella americana Apollo 8 orbitava intorno alla luna per la quarta volta quando Frank Borman, il comandante della missione, iniziò a riposizionarla in modo che la topografia sottostante potesse essere filmata meglio per documentare potenziali siti di atterraggio futuri.

Durante il breve periodo in cui le finestre della capsula erano rivolte lontano dalla superficie lunare, l'astronauta William Anders guardò attraverso di esse: "Oh mio Dio! Guarda quell'immagine laggiù! Ecco la terra che sta arrivando. Wow che bella!"⁶⁴ Anders prese una fotocamera e scattò in fretta un paio di fotogrammi per catturare un evento inaspettato e spettacolare: l'apparente ascesa della terra sopra la superficie della luna.

Dopo l'atterraggio sulla Terra e una volta che la pellicola di Anders fu elaborata, un'immagine da essa, diffusa in tutto il mondo dai media, lasciò gli spettatori a bocca aperta.

Serena o forse un po' inquietante, la fotografia presenta la fragile bellezza marmorea del pianeta bianco e blu che, visto da lontano, allude alla piccolezza della terra nella vastità dello spazio.

Meraviglia e accenni al sublime sono i frequenti sottoprodotti della fotografia scientifica, e la più rivoluzionaria delle immagini può allo stesso tempo sbalordire e far riflettere.

Nel 1990 il telescopio spaziale Hubble, realizzato attraverso uno sforzo cooperativo tra l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e la NASA, viene inviato in orbita, progettato per essere regolarmente servito dagli equipaggi delle navicelle durante la sua durata prevista di 15 anni.

Quando le spettacolari immagini a colori del telescopio spaziale Hubble furono riprodotte sul giornale "National Geographic" nell'aprile 1997, la copertina annunciava con orgoglio l'avvento di "L'occhio di Hubble sull'universo"⁶⁵. L'articolo

⁶⁴ Marvin Heiferman, *Seeing Science, How photography reveals the Universe*, Aperture, 2019, p.006

⁶⁵ National Geographic, 1997

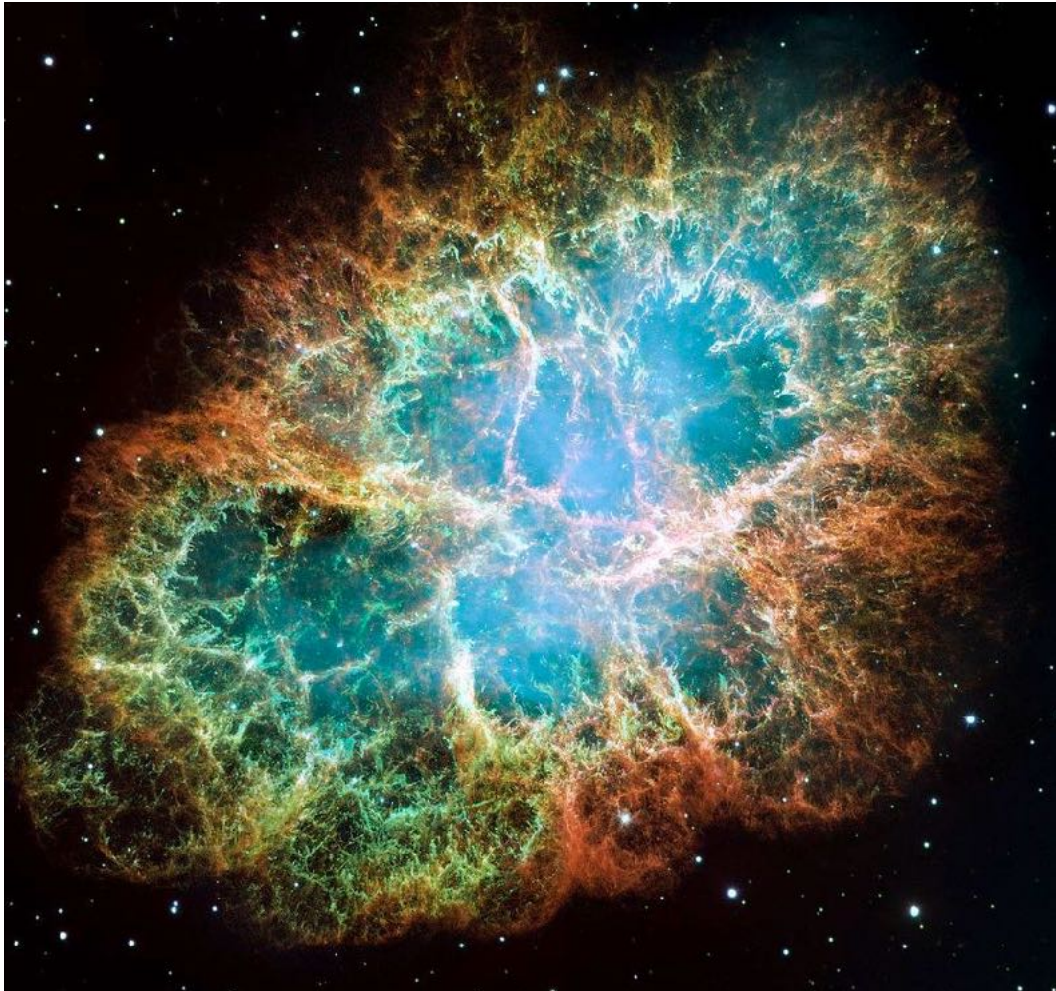


Fig.21 Telescopio spaziale Hubble, Nebulosa del Granchio, 1999-2000

all'interno della rivista invitava a condividere le meraviglie visibili attraverso "l'occhio impareggiabile di Hubble".

Il telescopio orbitante prende il nome da Edwin Hubble, l'astronomo che negli anni '20 formulò la relazione proporzionale tra le distanze tra gli ammassi di galassie e le loro velocità, e propose una costante, la "costante di Hubble", riguardo alla velocità con cui si allontanano l'una dall'altra.

Tra le fotografie più iconiche dell'ultimo secolo compare proprio un'immagine realizzata dal Telescopio Hubble, "*Crab Nebula*" (Fig. 21).

La Nebulosa del Granchio è tra gli oggetti astronomici più studiati e fotografati.

La nebulosa si trova nella costellazione del Toro, a una distanza di 6500 anni luce e, con un piccolo telescopio, può essere vista dalla Terra come una macchia ovale nel cielo notturno.

L'astronomo francese Charles Messier (1730 - 1817) scoprì la nebulosa il 12 settembre 1758, mentre cercava la cometa di Halley.

Questa scoperta lo ispirò a produrre il suo catalogo di nebulose e ammassi stellari. La Nebulosa del Granchio, il primo oggetto catalogato da Messier, ricevette il numero di inventario M1.

Attraverso le fotografie in tempi più moderni, gli astronomi furono in grado di chiarire molti misteri che circondavano la nebulosa.

Nel 1921 diversi astronomi dell'Osservatorio Lowell (in Arizona) e dell'Osservatorio Mount Wilson (in California) confrontarono le loro nuove fotografie della Nebulosa del Granchio.

Analizzandole conclusero che la nebulosa si stava espandendo. Riuscirono anche a misurare all'incirca la velocità con cui si stava espandendo.

Le fotografie dello spettro confermarono queste teorie e portarono, nel 1939, alla conclusione che la Nebulosa del Granchio fosse ciò che rimaneva dall'esplosione di una supernova, e che probabilmente fu osservata dagli astronomi cinesi il 4 luglio 1054.

Mi piacerebbe concludere questa breve storia della fotografia scientifica attraverso la più famosa e spettacolare fotografia mai realizzata del XXI secolo.

Nel 2019 gli astronomi sono riusciti a fotografare per la prima volta un buco nero (Fig.22).

Il team dietro il progetto "Event Horizon Telescope" ha ricevuto il Breakthrough Prize, noto come Oscar della scienza, per il suo impegno e il Museum of Modern Art di New York ha acquisito l'immagine sotto forma di stampa a getto d'inchiostro.

Gli stessi astronomi hanno catturato la fotografia più dettagliata fino ad oggi di un buco nero, una delle caratteristiche più enigmatiche dell'universo, che un tempo si pensava fosse inosservabile. Visto in luce polarizzata, l'anello di luce sfocato nell'immagine originale è ora a fuoco, con linee nitide che vorticano verso il centro di



Fig. 22 Nasa, “*Black Hole*”, 2019

quello che sembra essere un pozzo senza fondo, risucchiando tutto ciò che è alla sua portata. Un buco nero è un campo di materia così denso che nemmeno i raggi di luce possono sfuggire alla sua attrazione gravitazionale. Ma poiché il buco nero attira inesorabilmente gas, polvere e stelle, parte della luce viene effettivamente spinta verso l'esterno in getti di particelle energetiche. La nuova immagine mostra il vortice del buco nero e le linee del campo magnetico al suo bordo interno, illustrando come il campo magnetico alimenti l'insaziabile fame del buco nero e alimenti lo spettacolo di fuochi d'artificio intergalattici che lo circonda. Catturare l'immagine è stato uno sforzo globale. La collaborazione di “Event Horizon Telescope” è alimentata da otto radiotelescopi terrestri in Cile, Messico, Spagna, Hawaii, Arizona e Antartide, supervisionati da un team internazionale di radioastronomi che sincronizzano le loro osservazioni con l'orologio atomico. Insieme i siti creano essenzialmente un telescopio delle dimensioni di un pianeta. Il nome del progetto, "Event Horizon

Telescope", deriva dal punto di non ritorno attorno a un buco nero. Oltre l'orizzonte degli eventi, nessuna luce o materia può sfuggire.

2.2 Fotografia scientifica: osservazione, sperimentazione e archiviazione

La fotografia documenta, immortalava persone e volti, un compito che prima era riservato alla pittura, ma immortalava anche dati di fatto.

La fotografia è sì documentazione ma anche scoperta, non può esserci una senza l'altra.

Nata e plasmata dalla scienza, ha trasformato la natura dell'osservazione e ampliato i parametri della conoscenza e il senso di sé dell'umanità.

Le fotografie hanno da subito dato un grande aiuto nel rispondere alle domande più pratiche ed esistenziali: Che cos'è? Dove e chi siamo? Cosa succede dopo?

La fotografia è stata considerata uno dei mezzi più affidabili della scienza, essenziale per una migliore visione e per rendere "l'invisibile visibile, l'evanescente permanente, l'astratto concreto"⁶⁶.

Sia la scienza sia la fotografia sono sistemi di osservazione con confini fluidi e molteplici componenti. Immagini sviluppate in campi così diversi come la biomedica, la robotica e l'astrofisica si dimostrano altrettanto rilevanti e avvincenti per il pubblico in generale quanto per quello professionista.

Le fotografie funzionano non solo come dati e artefatti delle scienze, ma anche come narratori e divulgatori della scienza.

Se, nel passato, si credeva che le immagini fotografiche fossero meglio non toccate per garantire la loro autorità, oggi vengono sistematicamente adattate per fornire dati più numerosi e migliori.

Nel corso del XVIII sec. l'uso e la reputazione dell'osservazione, in opposizione alla teoria, nella scienza è stato costantemente in aumento.

La tecnica dell'osservazione nel XIX secolo era fortemente pervasiva e ha lasciato una chiara firma sullo sviluppo e sull'uso della fotografia.

⁶⁶ Marvin Heiferman, *Seeing Science, How photography reveals the Universe*, Aperture, 2019, p. 006

L'invenzione e lo sviluppo della fotografia a sua volta influenzò molto il modo in cui gli scienziati osservavano e ristrutturò la gerarchia delle osservazioni che lo scienziato riteneva preziose. Portò poi all'unione di quei processi un tempo separati: osservare e registrare le osservazioni.

Dal momento in cui le fotografie sono arrivate sulla scena, c'è stato l'impulso di misurarle in un modo o nell'altro.

Tuttavia le immagini scientifiche non sono sempre state fatte per essere misurate.

Le fotografie raffigurano l'oggetto specifico in un momento specifico e in un luogo specifico.

A volte la capacità di misurare sembra essere un sottoprodotto utile ma non intenzionale di un'immagine fotografica realizzata per altri motivi.

Spesso tuttavia le fotografie vengono prodotte specialmente per essere misurate.

L'idea stessa che le fotografie possano essere misurate costituisce la base di vari tipi di fotografia scientifica.

Il rilievo dipende fortemente dall'idea di fotografie misurabili, così come la catalogazione degli oggetti museali fotografandoli e la documentazione dei siti archeologici.

Alla fine del XIX secolo e all'inizio del XX secolo persone di tutti i tipi sono state fotografate e misurate.

Microscopicamente la fotografia è stata spesso utilizzata per produrre una misura esatta delle particelle o un evento nucleare, scosse di terremoto o il polso umano.

Ci sono due modi in cui la fotografia genera cose osservabili: primo individuando un momento di tempo solitamente troppo piccolo per essere registrato dalla percezione umana, secondo raccogliendo la luce per un numero di secondi, minuti, ore o persino giorni e presentandola come un'immagine.

Negli anni '90 del XIX secolo l'osservazione fotografica cambiò. Le scoperte dei raggi X e delle radiazioni ampliarono la portata dell'osservazione fotografica e portarono a moltissimi esperimenti fotografici.

Tuttavia contemporaneamente iniziarono a sorgere dubbi sull'attendibilità della fotografia.

Cosa rende una fotografia affidabile? Come possiamo affidarci alla fotografia per testare una nuova teoria scientifica attraverso un esperimento?

Uno degli elementi più difficili riguardo l'affidabilità della fotografia è la quantità di controllo che gli scienziati riescono ad avere, questo perchè è una tecnica spesso richiamata a lavorare dove i sensi umani falliscono.

La fotografia è diventata molte cose: un campo di sperimentazione, un produttore di immagini didattiche utilizzate nell'educazione di particolari lettori e una sorta di strumento di misurazione unico.

Spesso una fotografia ha molteplici funzioni nel corso della sua vita: potrebbe iniziare come dispositivo di rilevamento in un esperimento, essere stampato come illustrazione e infine essere appeso al muro come arte.

Il contesto è tutto nella vita di una fotografia.

È un'attività ibrida, parte osservazione, parte esperimento e parte archiviazione.

Quando consideriamo il ruolo della fotografia negli esperimenti o nelle osservazioni, queste due attività che sembrano opposte iniziano a risultare simili, alcune volte indistinguibili.

Negli anni '40 del XIX secolo questa nuova tecnologia viene rappresentata come l'osservatore perfetto e perfettamente passivo, e la scienza rafforzò il messaggio molto tempo dopo che l'uso quotidiano aveva già dimostrato essere esattamente il contrario.

Questa retorica della passività avrebbe reso l'artista obsoleto, la mano non coinvolta, l'immaginazione non sfruttata. Ha fornito la piattaforma perfetta e perfettamente ingannevole per l'uso della fotografia come strumento scientifico in complesse situazioni sperimentali.

Fin dal 1839 la fotografia venne spesso usata come oggetto per esperimenti. Avvenne questo in diversi modi: il più comune è quello della cosiddetta "immagine iconica", dove la singola fotografia viene usata per rappresentare una serie di risultati sperimentali.

Questo è il motivo per cui abbiamo acquisito tanta familiarità con il “cavallo al galoppo” di Muybridge, con la “goccia di latte” di Edgerton e con l'immagine del “modello di diffrazione ai raggi X del DNA” di Rosalind Franklin.

L'uso di singole immagini come rappresentazioni dell'insieme spiega come tante immagini fotografiche siano diventate icone dell'una o dell'altra area della scienza. La maggior parte delle fotografie sperimentali è andata persa o dimenticata, rimangono pochissime serie complete di risultati sperimentali; una delle eccezioni è il lavoro di Henri Becquerel di cui abbiamo parlato in precedenza.

Un evento molto diverso ma altrettanto significativo è quello che ci ha permesso di visualizzare le traiettorie delle particelle elementari. Se con l'occhio non possiamo vedere le particelle, possiamo però fotografarne la scia o le tracce.

Una delle scoperte più importanti fu la “camera di Wilson” (o “camera a nebbia”) e successivamente la “camera a bolle” di D.A.Glaser⁶⁷. Cosa sono?

Si fa attraversare alle particelle una nebbia d'acqua o un mezzo più complesso, atto comunque a condensarsi in piccole particelle visibili per la macchina fotografica laddove è passata una particella. È un dispositivo che rende visibile, e quindi fotografabile, il percorso delle particelle.

Queste fotografie furono di fondamentale utilità quando si sapeva poco o nulla delle particelle e del loro comportamento. È stato il primo modo di “vedere” le particelle delle quali si ignorava l'esistenza.

Siamo lontani dal campo della fotografia che conosciamo, eppure tutto ciò rappresenta un fulgido esempio di come un sostituto artificiale dei nostri sensi possa cogliere nel mondo indizi e tracce che altrimenti non potremmo rilevare.

La “camera a nebbia” portò molte scoperte spettacolari, compresa quella della prima antiparticella: il positrone. Questa invenzione permise a Wilson⁶⁸ di vincere il premio Nobel per la fisica nel 1927.

⁶⁷ Donald Arthur Glaser (1926 – 2013) è stato un fisico e neurobiologo statunitense, vincitore del premio Nobel per la fisica nel 1960, per l'invenzione della "camera a bolle".

⁶⁸ Charles Thomson Rees Wilson (1869 – 1959) è stato un fisico britannico inventore, nel 1911, della camera a nebbia, detta anche, dal suo cognome, camera di Wilson.

La “camera a nebbia” di Wilson, a causa di un inconveniente dato dalla densità del gas al suo interno, fu sostituita, nel 1952, dalla “camera a bolle”, inventata dal fisico americano D. Glaser.

Le vecchie immagini in camera a bolle definiscono una fase cruciale dello sviluppo della conoscenza umana dell'universo.

Rivelarono i movimenti e l'agitazione del mondo delle particelle elementari che erano continuati ininterrottamente tutto intorno a noi senza che ce ne accorgessimo.

Consentirono le più importanti scoperte della fisica subnucleare e diedero ai fisici la sensazione di “vedere” realmente le particelle subnucleari che attraversano silenziose i loro laboratori.

Possiamo quindi affermare che la fotografia era ed è tuttora definita "un documento permanente”.

Nel secolo e mezzo prima dell'invenzione della fotografia, si pensava che la conoscenza scientifica fosse meglio organizzata dalla tassonomia, un tipo di classificazione.

Nella seconda metà dell'Ottocento e per tutto il Novecento è emerso l'impulso di immagazzinare oggetti in grandi masse, non proprio senza organizzazione, ma utilizzando apparati più pittorici e meno linguistici.

Gli archivi fotografici sono quasi esclusivamente questo secondo tipo di archivio.

Tali archivi erano ovviamente organizzati secondo una sorta di classificazione, tuttavia questo tipo di sistema classificatorio poteva essere modificato e le fotografie riordinate in modo diverso a seconda dello scopo in questione.

Sebbene entrambi i metodi di archiviazione, la tassonomia e l'archiviazione con fotografia, avevano un modo di organizzare masse di conoscenze scientifiche simile, c'era in realtà una differenza nei loro utilizzi.

La tassonomia definisce cosa appartiene a dove. La creazione di un archivio con vincoli tassonomici rigorosi si basa sul presupposto che sappiamo quali importanti domande porre a quell'archivio.

Al contrario, l'archivio fotografico di quest'ultimo tipo (collezioni di massa), in particolare quello che si sforza di fare qualcosa come mappare le geografie del

mondo, la conoscenza o la storia, o abbracciare la memoria umana, presuppone che non sappiamo ancora quali siano le domande.

L'impulso alla creazione di archivi fotografici per la scienza è quello di raccogliere un numero infinito di dettagli nel maggior numero possibile per lo sviluppo di indagini imprevedute e imprevedibili.

Quando le domande sulla futura impresa scientifica sono sconosciute, i dettagli banali potrebbero essere la sola chiave per le indagini del futuro, e con questo ragionamento dovrebbero quindi essere preservati nella loro moltitudine.

Ogni nuova tecnologia, la fotografia, i film e infine il web, è stata accolta come potenziale salvatore per la mappatura della conoscenza globale.

Un archivio scientifico riunisce le conoscenze raccolte e protette per facilitare l'apprendimento, per controllare i confini della storia, per plasmare e colorare una particolare visione del mondo.

Gli archivi fotografici sono stati concepiti non solo per raccontare narrazioni concrete come quelle riguardanti la storia dell'arte, i regimi politici o le aree geografiche, ma talvolta per spiegare significati materiali come la scienza della civiltà e la funzione della memoria.

Osserveremo due tratti specifici degli archivi fotografici: il primo riguarda l'unità base dell'archivio, le fotografie; il secondo è il modo in cui la conoscenza viene generata dagli archivi fotografici, cioè l'epistemologia degli archivi fotografici scientifici.

La base di ogni archivio fotografico è la documentazione fotografica.

Nel corso degli anni un'immagine fissa può essere visualizzata ripetutamente. La creazione di immagini fisse e durature consente a scienziati e istituzioni di formare reti fondamentali per il funzionamento della scienza moderna.

Quindi cosa rende l'archiviazione di fotografie di campioni diversa dall'archiviazione di campioni reali? I cianotipi⁶⁹ come quelli di Anna Atkins erano di dubbio valore botanico, ma erano ottimi precursori dell'archiviazione fotografica.

“*British Algae*” della Atkins, pubblicato in serie tra il 1843 e il 1853, ha riunito esemplari di diverse dimensioni e spessore, regolarizzandoli in un formato libro per il confronto e per la conservazione.

Questi tratti della fotografia, la sua piattezza e la sua capacità di rendere oggetti di dimensioni diverse uno accanto all'altro, la sua molteplicità rendono l'archiviazione delle fotografie diversa dall'archiviazione degli oggetti.

L'ingrandimento e la riduzione delle dimensioni degli oggetti nelle fotografie è particolarmente utile per l'archiviazione.

Come abbiamo già detto, una caratteristica importante della fotografia è la permanenza o la capacità di essere riparata.

Questa è stata spesso utilizzata come categoria storica, dividendo la fotografia di successo da altre prove di produzione di immagini chimiche con materiali sensibili alla luce.

Le prime immagini conservate da Talbot sono meno permanenti, ad esempio, dei negativi su pellicola di gelatina, che a loro volta sono superati dalle stampe fotografiche realizzate in platino carbone. Gli archivi scientifici, soprattutto quelli conservati sotto forma di riviste e atlanti, privilegiano questo tipo di permanenza fisica, sottolineando la materialità della fotografia come oggetto che, come qualsiasi altro oggetto, avrà una durata fisica limitata.

Le microforme, di solito incontrate come microfilm o microfiche, sono forse l'uso più comune della fotografia negli archivi del XX e XXI secolo. Ciò che le microforme ci mostrano è un perfetto esempio di un tratto critico della documentazione fotografica: ci incoraggiano a guardare attraverso il mezzo della

⁶⁹ Cianotipia: procedimento di stampa inventato nel 1842 dallo scienziato e astronomo inglese Sir John Herschel. A differenza dei sistemi di Talbot e Daguerre, che utilizzano la fotosensibilità dei sali d'argento, la cianotipia sfrutta due sali di ferro (potassio ferricianuro e ferrico ammonio citrato) che mescolati insieme diventano sensibili alla parte ultravioletta della luce solare. Sensibilizzando una superficie (carta o altro) e esponendola alla luce del sole dopo aver posizionato un negativo sopra la superficie stessa possiamo ottenere una immagine fotografica positiva.

fotografia, permettendoci uno sguardo apparentemente non mediato all'oggetto che rappresenta. Nessuno guarda il microfilm, noi guardiamo attraverso di esso, al libro o al manoscritto che rappresenta.

La capacità della fotografia di scoprire in questo modo è uno dei tratti che la rende preziosa come documentazione scientifica.

L'assoluta trasparenza della fotografia come oggetto fisico è cruciale per creare documentazioni fotografiche.

Nel corso dei decenni un'iconografia del campione fotografico è stata sviluppata da vari progetti di archiviazione, nel tentativo di fare proprio ciò che fanno le microforme, cioè far scomparire la fotografia, incoraggiando gli osservatori a guardare direttamente l'oggetto e non una fotografia dell'oggetto.

Il singolo esemplare è una forma comune di documentazione fotografica trovata negli archivi.

La forma più comune per creare una fotografia come campione è isolare l'oggetto della fotografia. Quando si trattava di rappresentare gli esseri umani come esemplari, i fotografi del XIX secolo hanno sviluppato protocolli rigorosi che rimangono fino ai giorni nostri e sono stati spesso utilizzati nell'arte e nella ritrattistica di moda.

Uno degli usi comuni della fotografia campione è creare un inventario, quello che viene definito un archivio "organico".

Possono consistere in fotografie di oggetti in situ o fotografie di oggetti in collezioni museali o anche fotografie di fotografie, come molti archivi digitali oggi.

Molti fotografi famosi furono coinvolti nella realizzazione di questi inventari di oggetti.

Tra questi troviamo: Gustave Le Gray⁷⁰, Édouard Baldus⁷¹, Hippolyte Bayard⁷², Henri Le Secq⁷³ e Auguste Mestral⁷⁴, conosciuti per aver partecipato al progetto “Mission Héliographique”.

Questo progetto fu gestito dalla “Commission des Monuments Historiques”⁷⁵, che intendeva documentare tutti i monumenti francesi restaurati o che stavano per essere restaurati.

Fu un progetto controllato dal governo per creare un archivio fotografico, uno dei primi.

Questo particolare archivio esiste per costruire in una nazione un'identità nazionale in un certo modo.

Non è mai stato pensato per essere un catalogo completo di tutti i monumenti o una mappa completa dell'area geografica, ma per rafforzare un progetto di conservazione già in corso.

Prese fuori contesto, individualmente e come opere d'arte, queste immagini funzionano in modo molto diverso rispetto a quando sono scattate insieme in un gruppo. Singolarmente le loro caratteristiche formali vengono enfatizzate a scapito delle loro qualità didattiche, che emergono più fortemente quando le immagini sono riprese in serie o in gruppo.

⁷⁰ Gustave Le Gray (1820 – 1882) è stato un fotografo francese del movimento pittorialista.

⁷¹ Édouard Baldus (1813 – 1889) è stato un fotografo paesaggista , architettonico e ferroviario francese.

⁷² Hippolyte Bayard (1801 – 1887) è stato un fotografo francese, inventore del procedimento noto come "stampa positiva diretta".

⁷³ Henri Le Secq (1818 – 1882) è stato un artista e fotografo francese.

⁷⁴ Auguste Mestral (1812–1884), noto anche come O. Mestral , è stato un fotografo francese. Viaggiò con i colleghi fotografi Édouard Baldus, Henri Le Secq e Gustave Le Gray nell'estate del 1851 per fotografare monumenti architettonici in Francia su richiesta della Commission des Monuments Historiques.

⁷⁵ La Commissione dei Monumenti Storici trae le sue origini da una prima "Commissione dei Monumenti" che si riunì l'8 novembre 1790: composta da 10 sezioni, riuniva scienziati che si pronunciavano sulla vendita o raccolta di libri, monumenti, carte e altri oggetti scientifici. La Commissione si riunì per la prima volta nel marzo 1838 e nel 1840 fu pubblicato un primo elenco di monumenti classificati.

Uno degli effetti interessanti degli archivi fotografici è la loro tendenza, accidentale o intenzionale a formare un canone visivo pubblico di un certo campo di studio. Ciò era particolarmente vero nelle scienze.

Riviste come “*The Archives of the Roentgen Ray*”⁷⁶ e “*Le radium*”⁷⁷ non esitavano a spiegare chiaramente il loro scopo non solo di diffondere le informazioni, ma anche di conservarle per i posteri. In questo modo formano anche archivi di un certo tipo, che rispecchiano le ambizioni degli scienziati per i loro campi di studio e pretendono di fornire una base di conoscenza stabile e sicura.

Gli atlanti in particolare contengono immagini che spesso costituiscono il nucleo o il canone di una particolare disciplina.

Essi impiegano tutti i tipi di tecniche di produzione di immagini, e un intero genere di atlanti fotografici ha guadagnato popolarità negli ultimi decenni del XIX secolo e rimane un punto fermo del web oggi.

Una delle caratteristiche interessanti degli atlanti fotografici dell'ottocento è il tentativo di demistificare la propria fotografia; assicurare al lettore che la loro realizzazione delle immagini è veramente oggettiva, meccanica e non macchiata dal ritocco.

Gli atlanti scientifici sono stati realizzati per campi che vanno dall'astronomia alla zoologia, insieme formano un immenso canone pittorico della scienza, da cui studenti professionisti traggono allo stesso modo molte delle loro associazioni.

Gli archivi fotografici creano conoscenza dei loro campioni individuali in modi molto diversi, perché esistono sempre come un complesso di immagini, piuttosto che come singole immagini.

La documentazione fotografica crea una conoscenza degli archivi, non diventando iconica o usata singolarmente, ma sprofondando tra i suoi compagni, rinunciando al suo carattere individuale per promuovere una storia narrativa molto più ampia. Spesso, questa storia più ampia è legata ad una particolare identità disciplinare.

⁷⁶ *The Archives of the Roentgen Ray* era una rivista di radiologia generale pubblicata dal 1897 al 1915. Nel 1915 fu ribattezzata *Archives of Radiology and Electrotherapy*. Questa rivista fece da precursore del *British Journal of Radiology* (BJR).

⁷⁷ Rivista di fisica nata in Francia nel 1904.

Gli archivi infatti sono costituiti da più immagini, alcune volte numerosissime, altre volte poche. Insieme costituiscono un certo tipo di memoria visibile o metodo visivo di risoluzione dei problemi.

Nella seconda metà del XIX secolo gli scienziati si convinsero maggiormente che le teorie sarebbero state rovesciate o rianimate e decisero di lasciare dietro di sé archivi di materiale, che riconoscessero tacitamente questo stato di flusso.

La fotografia era a portata di mano, offrendo un nuovo modo di realizzare un archivio, che potesse conservare le informazioni accidentali insieme a quelle intenzionali.

Famose per la loro implacabile e indiscriminata cattura dei dettagli, le fotografie incarnavano la nozione di archiviazione per il futuro.

2.3 L'infinitamente piccolo e l'infinitamente grande attraverso l'occhio fotografico

L'importanza della fotografia dipende dal fatto che il senso più favorito da questa tecnologia è quello della vista.

Con la scoperta e il progresso della tecnica fotografica le limitazioni dell'occhio sono state completamente eliminate, allargando a dismisura le sue possibilità di percezione.

L'occhio è fra gli organi umani quello sensibile alle onde elettromagnetiche.

Tuttavia la sua capacità di percepirle è limitata a una ristretta banda di tali radiazioni.

L'occhio infatti non è sensibile alle onde radio né agli infrarossi né agli ultravioletti né ai raggi X né a raggi gamma.

Le sole onde cui è sensibile sono quelle che chiamiamo visibili e che coprono un piccolissimo intervallo di frequenza fra l'ultravioletto e l'infrarosso.

Una prima conoscenza di questa limitazione è il fatto che l'uomo non può accorgersi di tutto ciò che non emette radiazioni elettromagnetiche visibili. Non può accorgersi se un corpo emette altre radiazioni oltre a quelle che noi chiamiamo luce. È quindi di enorme importanza disporre di un mezzo per rivelare e studiare le radiazioni non visibili.

Un apparecchio unico, sensibile a tutte le radiazioni elettromagnetiche ancora non esiste, esistono diversi strumenti, tra i quali la fotografia ha un posto di primo piano.

La fotografia ha vastissime applicazioni in quanto mezzo sensibile alle radiazioni visibili. Può sostituire praticamente l'occhio, rappresentando un notevole vantaggio per la ricerca, tanto che quasi tutti gli strumenti di osservazione sono corredati di apparecchi per la registrazione fotografica.

Fotografando un fenomeno se ne ottiene un'immagine che può essere utilizzata per studiarlo in un momento differente, in condizioni migliori e più a lungo.

È come se la foto fermasse il tempo, sostituisse la memoria dell'uomo nelle sue osservazioni del mondo esterno.

Per questo la fotografia è stata una delle tecniche più correntemente usate nei laboratori scientifici.

Le due pretese più seducenti della fotografia furono la promessa di passività e l'estensione del regno del visibilmente osservabile.

L'oggettività fu il sostegno della fotografia scientifica, ma ancora più importante fu il suo rendere visibile e osservabile qualcosa che andava oltre la vista umana. Le radiazioni ad ultravioletto formarono le basi della fotografia del XIX sec.

Quando, alla fine dell'800, si scoprì che la fotografia era sensibile anche a tutta una serie di radiazioni "invisibili", la rivelazione non fece altro che rafforzare l'opinione di Talbot, che "[...]l'occhio della macchina fotografica avrebbe visto chiaramente dove l'occhio umano non avrebbe trovato nulla ma oscurità".

Il piccolo e il grande non sono quindi osservabili con i sensi, per farlo occorrono strumenti come l'immagine fissa, la fotografia, l'immagine in sequenza, il cinema, di cui poi si analizzano i singoli fotogrammi.

Negli anni non ci si è limitati a guardare i microorganismi ma anche le parti piccole o nascoste del nostro corpo, abbiamo quindi potuto ammirare immagini bellissime.

I microscopi mostrano i più piccoli dettagli delle molecole fino ad un milionesimo di metro.

La microfotografia è stata una delle prime applicazioni di questa nuova tecnologia.

Come scrisse nel 1839 Talbot, uno dei pionieri della fotografia, questa nuova tecnica avrebbe permesso agli scienziati di risolvere il problema di illustrare correttamente i preparati anatomici e morfologici.

Tuttavia, sebbene la fotografia sia stata introdotta già negli anni '30 dell'Ottocento, non è diventata davvero uno strumento accettato dalla professione fino agli anni '80 dell'Ottocento. Nonostante la pubblicazione di manuali, dal 1860 in poi, su come microfotografare.

Questi sostenevano la nuova tecnica, come più "oggettiva" rispetto al solito metodo di disegno degli oggetti osservati.

Nonostante questo argomento, che fu presentato dal 1830 in poi, fino al 1880 molti microscopisti non credevano ancora al fatto che la microfotografia fosse una tecnica di rappresentazione affidabile.

La fotomicrografia è stata oggetto di numerosi studi nel corso degli anni, soprattutto dal punto di vista tecnico. Il lato artistico della fotomicrografia è un promettente argomento di studio che ha raccolto importanti contributi al rapporto tra arte e scienza. Oggi questa è ampiamente considerata una forma di espressione artistica, insieme al ruolo che svolge nella scienza.

La grandezza e la diversità dei risultati scientifici nel corso del diciannovesimo secolo, spedizioni scientifiche, dibattiti e pubblicazioni hanno trasmesso gli ultimi progressi della scienza alla conoscenza pubblica.

Medicina, Geografia, Zoologia, Botanica e le scienze moderne allora di nuova costituzione, Oceanografia, Geologia e Biologia hanno portato vistosamente nuove conoscenze alla mente e nuovi elementi estetici all'occhio.

Estendendo lo spettro della visione umana nell'"invisibile", la microscopia gioca un ruolo fondamentale nel rispetto verso la scienza, che ha caratterizzato l'Ottocento.

Un mondo tutto nuovo si stava aprendo agli occhi dell'umanità. Un universo di forme e pattern che celebrano le strutture cellulari di piante e animali (Fig.23); la morfologia di rami, foglie e fiori stilizzati che suggeriva il movimento della vita rigogliosa della Natura e inauditi organismi viventi scoperti nelle profondità degli oceani.

Qualsiasi realtà visiva precedentemente familiare era ora fusa con forme, trasparenze, modelli, curve, colori, linee e luci sconosciute.

Un connubio così grande da radicarsi nelle menti degli artisti, ponendo le basi per un nuovo vocabolario artistico, trasposto principalmente nell'architettura e nell'ornamento, allargandosi a un'alleanza di tutte le arti.

Alla fine del XIX secolo si diceva che la fotomicrografia fosse una pratica in crescita tra gli scienziati.

Miglioramenti tecnici come quelli riguardanti la “resa dei vari colori” e le innovazioni negli obiettivi dei microscopi e delle fotocamere hanno contribuito molto a questo successo.

Inoltre è ben documentato l'uso di microfotografie come diapositive di lanterna che illustrano conferenze scientifiche, nonché il loro contributo a un'ampia gamma di scienze, dalla ricerca medica alla botanica, alla zoologia, all'entomologia, alla geologia, alla chimica e alla fisica.

I suddetti resoconti dimostrano che la fotomicrografia era chiaramente riconosciuta all'interno della comunità scientifica alla fine del XIX secolo.

All'inizio del XX secolo le applicazioni scientifiche della fotomicrografia erano molto più elevate del suo potenziale valore artistico.

Tuttavia, composizioni e modelli naturali microscopici erano sicuramente considerati *belli* da molti (compresi artisti).

I modelli e le forme presentati nelle microfotografie suggerivano un mondo astratto e soggettivo, che spesso era estremamente piacevole alla vista mentre sfidava l'attenzione dell'osservatore per il modello e il dettaglio. Un'intenzione artistica stava emergendo anche nella produzione di microfotografie.

Nelle fotomicrografie pittoriche composizione, luce e colore si univano alle qualità estetiche intrinseche della dimensione microscopica. Senza abbandonare la qualità scientifica e tecnica, l' *artista-scienziato* ha riordinato, colorato, evidenziato e interpretato l'infinitamente piccolo per catturare con la macchina fotografica la bellezza nascosta dei regni vegetale, minerale e animale.

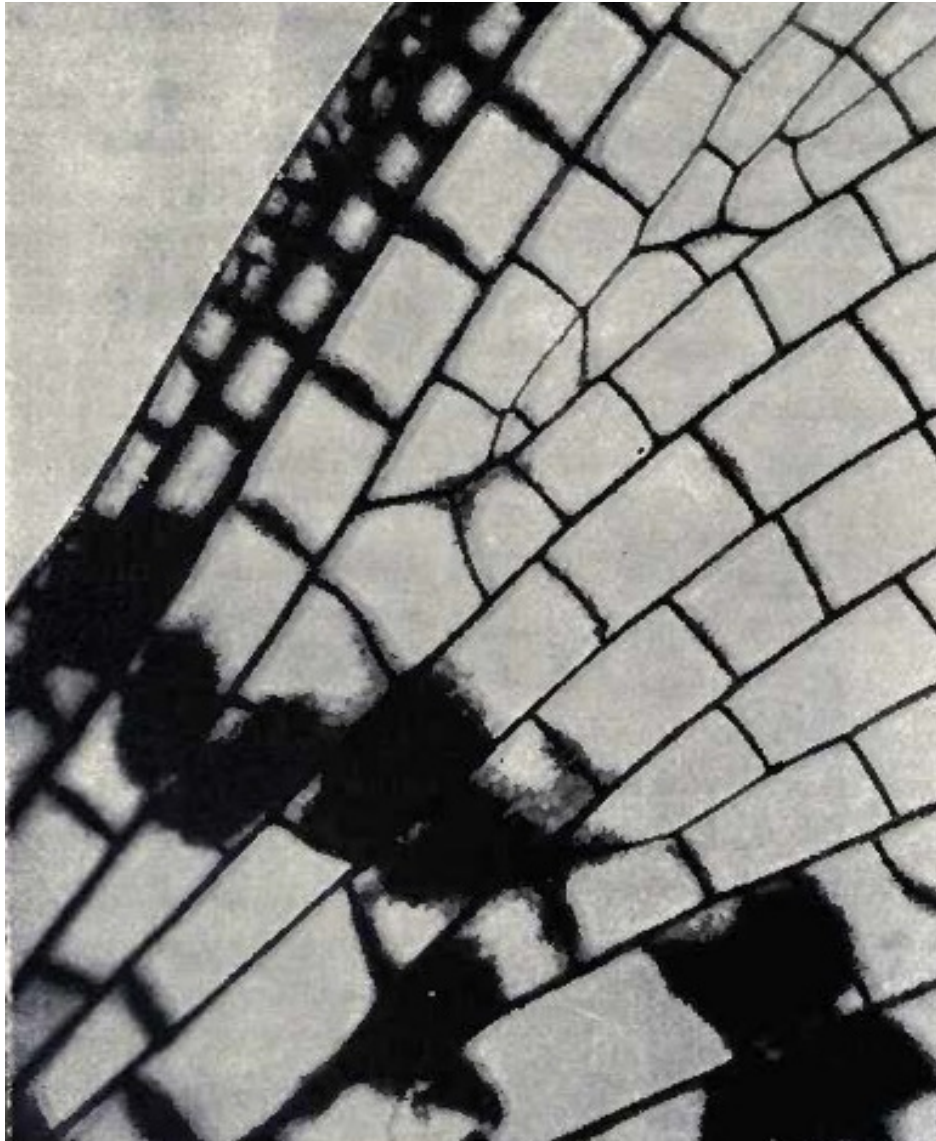


Fig.23 John Ward, microfotografia che mostra una porzione dell'ala di un efemerottero, 1904 ca.

Insomma, negli anni Trenta la distinzione artistica tra fotomicrografia pittorica e fotomicrografia scientifica era netta. Da allora il merito artistico, quando esisteva, dei fotomicrografi pittori era generalmente accettato e persino incoraggiato tra i coetanei.

La fotomicrografia è stata poi riconosciuta come arte oltre che scienza.

Gli scienziati espansero poi l'orizzonte delle immagini anche attraverso l'ingrandimento.

I telescopi rivelano galassie lontane miliardi di anni luce, nelle zone più distanti dell'universo.

Lo spazio ha permesso agli astronomi di osservare in modi diversi gli oggetti distanti, sia mandando sonde per esplorare il sistema solare sia posizionando dei telescopi direttamente in orbita, dove possono catturare immagini di una chiarezza irraggiungibile dalla Terra, a causa della sua atmosfera.

Le famose immagini del telescopio Hubble ne sono un esempio.

Per la vita sulla terra tuttavia, il maggior impatto della fotografia astronomica è stato proprio quello di guardare il nostro pianeta. La famosa fotografia “*Earthrise*” (Fig.20), scattata dall'astronauta William Anders dell'Apollo 8, ebbe una grande influenza sul nascente movimento ambientale. Oggi i satelliti intorno alla terra giocano un ruolo chiave nel monitoraggio dei cambiamenti climatici.

La fotografia, lo abbiamo visto, è impiegata come potente mezzo di ricerca in molti rami del sapere. Tuttavia nel caso dell'astronomia più che di servizi è giusto parlare di intimi legami.

Fin dal 1842 si tentò di registrare mediante una lastra dagherrotipica l'immagine del sole durante un'eclisse; il tentativo purtroppo non ebbe successo, ma undici anni dopo fu possibile ottenere l'immagine della tenue corona solare.

Già nel 1850 l'astronomo William Bond⁷⁸, dell'osservatorio Harvard, era riuscito a fotografare prima la luna e poi una stella, Vega⁷⁹, attraverso un telescopio di 38 centimetri di apertura.

Ben presto gli astronomi diventarono ottimi esperti e i più esigenti tecnici della fotografia e seguirono o prepararono assiduamente i suoi sviluppi tecnici.

Quali vantaggi offrì la fotografia all'astronomo?

In primo luogo la fotografia registra l'immagine in modo permanente. Ciò che è stato fotografato in una notte serena potrà essere studiato in qualunque momento successivo ed eventualmente paragonato ad altre fotografie prese in epoca diversa.

Questa è un prerogativa essenziale per l'astronomia.

⁷⁸ William Cranch Bond (1789 – 1859) è stato un astronomo statunitense e primo direttore dell'Harvard College Observatory.

⁷⁹ Vega è la stella più brillante della costellazione della Lira, la quinta più luminosa del cielo notturno, nonché la seconda più luminosa nell'emisfero celeste boreale, dopo Arturo.

Supponiamo di aver fotografato una certa regione del cielo: sulla lastra ci sono migliaia e migliaia di immagini stellari. La lastra, esaminata poi in laboratorio con un apposito misuratore, darà le coordinate, cioè la posizione di tutte le stelle registrate.

Se, dopo un certo intervallo di tempo, si fotografa la stessa regione del cielo, si potranno misurare di nuovo le coordinate e confrontarle con quelle trovate nel primo fotogramma, scopriremo così quei pochissimi casi in cui una stella si è spostata in modo apprezzabile a causa del suo “moto proprio⁸⁰” nel cielo.

Una ricerca del genere, eseguita solo visualmente, avrebbe richiesto mesi e mesi di osservazioni, senza contare che non si sarebbe mai potuta estendere a tutta la sfera celeste.

Molto utile in astronomia è anche il fatto che la fotografia “accumula” le radiazioni ricevute. Così sorgenti di luce debolissime possono essere registrate con un tempo di posa sufficientemente lungo.

Gli astronomi infatti sono assillati dal problema di registrare stelle sempre più deboli e di arrivare a esplorare regioni dell’universo sempre più lontane.

Essa permette di registrare l’immagine di stelle un centinaio di volte più deboli delle ultime visibili col telescopio; vuol dire dieci volte più lontane, il che significa in definitiva che l’universo accessibile alla fotografia è mille volte più esteso di quello accessibile all’occhio attraverso i telescopi.

Ecco perché la stragrande maggioranza delle attuali osservazioni astronomiche non si compiono più guardando attraverso il telescopio, ma affidando alla lastra fotografica la registrazione di tutto ciò che appare nel cielo.

Le emulsioni sensibili all’ultravioletto e all’infrarosso hanno offerto la possibilità di estendere le ricerche astrofisiche anche a radiazioni celesti, che per l’occhio rimarrebbero sempre misteriose.

Fu un colpo sensazionale nel campo delle prime esplorazioni spaziali per esempio quando, il 7 marzo 1947, un razzo V-2⁸¹ recante a bordo una macchina fotografica

⁸⁰ Il “moto proprio” è il moto apparente di una stella sulla volta celeste causato dall’effettivo movimento della stella rispetto al centro di massa del sistema solare.

⁸¹ Il missile V2 fu il precursore di tutti i missili balistici e fu ampiamente utilizzato dalla Germania durante le ultime fasi della seconda guerra mondiale, in particolare contro Gran Bretagna e Belgio.

automatica riuscì a salire ad un'altezza giudicata allora vertiginosa: l'otturatore scattò a 160.000 metri dalla terra.

Quando il "laboratorio volante" ritornò al suolo con il paracadute, la macchina portò la prima fotografia ripresa dallo spazio, da una regione nella quale in pratica non c'è atmosfera.

La macchina fotografica si è spinta ancora più lontano, quando nell'ottobre del 1959, ha registrato, a bordo del Lunik III⁸², le prime immagini dell'emisfero opposto della Luna, fino ad allora celato da millenni agli sguardi terrestri (Fig.24).

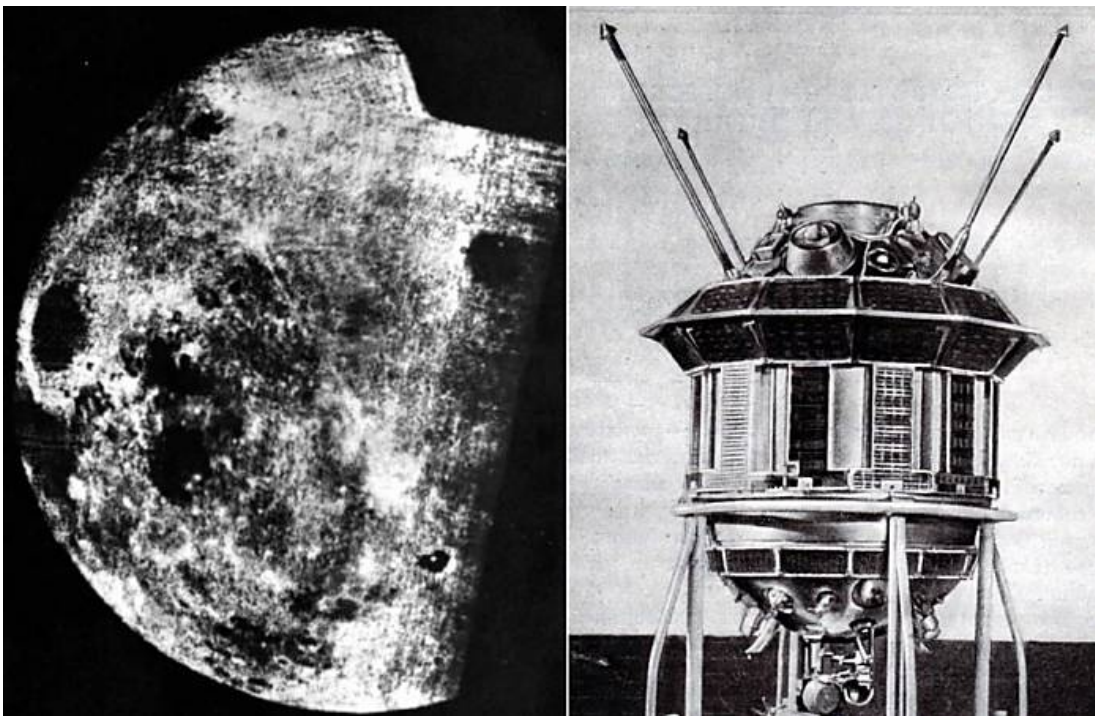


Fig. 24 Lunik III e Mosaico originale della prima vista del lato opposto della Luna

⁸² Lunik 3 (luna 3) fu la terza sonda lunare lanciata con successo appartenente al Programma Luna dell'Unione Sovietica e fu anche uno dei primi trionfi nell'esplorazione umana del cosmo. Raggiunse e fotografò, per la prima volta nella storia, la faccia opposta della Luna, quasi totalmente invisibile dalla Terra. Grazie alle foto inviate dalla macchina furono creati i primi atlanti della nuova regione lunare.

2.4 Berenice Abbott. Fotografia e scienza: un'unità essenziale

Berenice Abbott (1898-1991) è stata una fotografa americana, le cui opere più note includono i paesaggi urbani di New York degli anni '30.

Conosciuta quindi principalmente per le sue fotografie sistematiche e riccamente dettagliate dell'architettura di New York, Berenice Abbott credeva nella responsabilità della fotografa di rappresentare la verità e le realtà della vita.

Nacque nel 1898 a Springfield, Ohio, con il nome di Bernice Alice Abbott in una famiglia travagliata della classe medio-bassa. Era la più giovane di quattro figli.

Fin da giovane Abbot ha dimostrato una vena indipendente, sfidò i desideri di sua madre che l'avrebbe voluta vedere sposata o insegnante.

Dopo il liceo si iscrisse alla Ohio State University (OSU) a Columbus per studiare giornalismo. Era un'appassionata lettrice, a cui piaceva confrontarsi con nuove idee, e presto entrò in una cerchia di studenti più anziani con idee moderniste.

Dopo il primo anno, Abbott si allontanò dalla sua famiglia e divenne sempre più irrequieta.

Si trasferì a New York nel gennaio 1918 in cerca di nuove opportunità, abbandonando gli studi in giornalismo. Sopravvisse alla pandemia di influenza spagnola nel 1919 e poi assunse lavori temporanei mentre studiava scultura da autodidatta.

A New York fu accolta dai più influenti artisti e scrittori d'avanguardia dell'epoca, che la incoraggiarono agli studi artistici. La sua cerchia bohémien comprendeva gli scrittori Eugene O'Neill⁸³ e Djuna Barnes⁸⁴, gli artisti Man Ray e Marcel Duchamp⁸⁵,

⁸³ Eugene O'Neill (1888 - 1953), è stato un drammaturgo statunitense. Insignito del premio Nobel per la letteratura nel 1936.

⁸⁴ Djuna Barnes (1892 - 1982), è stata un'artista, giornalista, illustratrice e scrittrice americana, conosciuta per il suo romanzo "Nightwood" (1936).

⁸⁵ Marcel Duchamp (1887 - 1968), è stato un pittore, scultore e scacchista francese naturalizzato statunitense nel 1955. Considerato fra i più importanti e influenti artisti del XX secolo, nella sua lunga attività si occupò di pittura, fu animatore del dadaismo e del surrealismo, e diede poi inizio all'arte concettuale, ideando il *ready-made* e l'assemblaggio.

la baronessa von Freytag-Loringhoven⁸⁶ e gli editori della “*The Little Review*” Margaret Anderson⁸⁷ e Jane Heap⁸⁸, tra gli altri.

Desiderosa di lasciarsi alle spalle l'America convenzionale e desiderosa di partecipare alle nuove e creative energie che si dispiegavano a Parigi, Abbott salpò per la Francia nel marzo 1921.

Arrivata con poche prospettive, si manteneva con lavori saltuari. Bernice adottò presto la versione francese del suo nome, Berenice, e iniziò a incontrare diversi artisti e scrittori, che la incoraggiarono a studiare scultura. Berenice era legata anche a espatriati inglesi e americani, tra cui la mecenate Peggy Guggenheim⁸⁹.

Nel 1923 dopo un breve soggiorno a Berlino, ritornata a Parigi, incontra fortunatamente Man Ray, suo vecchio amico di New York, che la introdurrà alla sua futura vocazione: la fotografia.

Man Ray le spiegò di essere alla ricerca di un assistente di camera oscura, che non sapesse nulla di fotografia, in modo da poter addestrarla a stampare secondo il proprio metodo. Assunse immediatamente Abbott per il salario minimo e raddoppiò il suo stipendio, quando si dimostrò una studentessa veloce e abile nel lavoro in camera oscura.

Introdusse la Abbott non solo alla pratica fotografica e alla gestione di uno studio di ritratti, ma condivise con lei il suo fascino per l'opera di Eugène Atget⁹⁰.

⁸⁶ Elsa Hildegard Baroness von Freytag-Loringhoven (1874 - 1927) fu un'artista tedesca d'avanguardia, dadaista e poetessa che lavorò per diversi anni al Greenwich Village, New York.

⁸⁷ Margaret Caroline Anderson (1886 – 1973) è stata la fondatrice ed editrice americana della rivista d'arte e letteraria *The Little Review*, che ha pubblicato diversi scrittori americani, inglesi e irlandesi moderni tra il 1914 e il 1929.

⁸⁸ Jane Heap (1883 - 1964) è stata un'editrice americana e una figura significativa nello sviluppo e nella promozione della letteratura modernista. Insieme a Margaret Anderson, sua amica e socia in affari, diresse la celebre rivista letteraria *The Little Review*.

⁸⁹ Marguerite "Peggy" Guggenheim (1898 - 1979) è stata una collezionista d'arte americana, bohemien e mondana. Nata dalla ricca famiglia Guggenheim di New York, era figlia di Benjamin Guggenheim, che affondò con il *Titanic* nel 1912, e nipote di Solomon R. Guggenheim, che istituì la Fondazione Solomon R. Guggenheim. Guggenheim collezionò arte in Europa e in America principalmente tra il 1938 e il 1946.

⁹⁰ Eugène Atget (1857 – 1927) è stato un pioniere della fotografia documentaria, noto per la sua determinazione a documentare tutta l'architettura e le scene di strada di Parigi prima della loro scomparsa per modernizzazione.

Berenice fu particolarmente attratta dalle sue fotografie realistiche di Parigi e dei suoi dintorni. Il suo stile documentaristico diretto ha influenzato il suo approccio alla fotografia della città di New York e della scena americana nel Midwest e sulla costa orientale.

Mentre lavorava per Man Ray tra il 1923 e il 1926, Abbott scoprì sia un'affinità che una passione per il mezzo. Alla fine Man Ray mostrò ad Abbott come far funzionare la sua macchina fotografica e le offrì persino di usare il suo studio.

Nel gennaio 1929 Abbott partì per New York, dove aprì uno studio di ritratti, prese parte a mostre di fotografia modernista, pubblicò le sue fotografie e continuò a promuovere il genio di Atget.

Accettò poi l'opportunità di insegnare fotografia alla New School for Social Research nel 1934 fino al 1958. L'insegnamento l'aiutò a scrivere in modo accessibile sui metodi e sulla filosofia della fotografia, che erano così centrali nel suo lavoro. Nel 1941 Abbott scrisse "*A Guide to Better Photography*"⁹¹ (1941) in cui esprimeva il suo impegno per la Straight Photography e il realismo come interazione comunicativa con un pubblico.

Già nel 1939 Abbott rivolse la sua attenzione alla scienza, perché, come spiegò in una lettera all'amico Charles C. Adam, "[...]viviamo in un mondo fatto di scienza, ma noi - i milioni di laici - non capiamo o apprezziamo la conoscenza che controlla così la vita quotidiana"⁹².

Per accedere al mondo scientifico, Abbott partecipava regolarmente a riunioni scientifiche. Iniziò a sperimentare da sola e prese incarichi commerciali, una ricerca agricola, che includeva le sue fotografie appunto, fu pubblicata sulla rivista "*Life*" nel giugno 1939, diffondendo ampiamente la sua opera.

Nel suo "*A Guide to Better Photography*" Abbott espresse la sua opinione che la scienza fosse il soggetto ideale per il futuro della fotografia.

La perseveranza di Abbott la portò da Gerald Wendt, uno scrittore di scienza sulla rivista "*Time*".

⁹¹ Berenice Abbott, *A Guide to Better Photography*, Crown Publishers, 1941

⁹² <https://www.theartstory.org/artist/abbott-berenice/life-and-legacy/>

Nel 1944 Wendt divenne editore di "*Science Illustrated*" e assunse la Abbott come redattore fotografico del giornale. La sua ricerca sulla fotografia scientifica, tuttavia, non finì qui.

Abbott aveva addirittura sviluppato tecniche fotografiche particolari per realizzare fotografie scientifiche il più soddisfacenti possibile, una di queste è la tecnica "supersight" o fotografia di proiezione.

Questo modo di ottenere un livello di dettaglio estremamente elevato molto da vicino prevedeva la proiezione e l'ingrandimento di un'immagine prima dell'esposizione. In una stanza buia, l'oggetto veniva illuminato frontalmente e posizionato dietro l'obiettivo, proiettando così un'immagine su pellicola davanti alla telecamera che poteva essere esposta.

Ingrandendo l'oggetto invece del negativo, Abbott ottenne stampe con una gamma più ampia di toni che di grana, come nei suoi trattamenti di un groviglio di radici d'erba, un pesce e una mela.

Nel 1956 Abbott venne a conoscenza delle attività del Physical Science Study Committee (PSSC)⁹³ presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT), contattò quindi il suo direttore esecutivo, il dottor Elbert P. Little, che l'assunse immediatamente. Il PSSC incaricò Abbott di aiutare a rendere la scienza attraente per gli studenti delle scuole superiori attraverso nuovi libri di testo.

Quest'occasione le permise di concentrarsi sui suoi obiettivi per la fotografia scientifica, in un ambiente in cui veniva mantenuta finanziariamente e poteva collaborare con gli scienziati.

Il progetto prevedeva di insegnare agli studenti delle scuole superiori le leggi fondamentali della fisica.

Il PSSC voleva che l'educazione delle scienze riflettesse il lavoro effettivo dei fisici moderni.

L'accento era posto sulla sperimentazione e sull'insegnamento agli studenti a comprendere il processo di scoperta delle leggi fondamentali, piuttosto che far loro

⁹³ Il Physical Science Study Committee (PSSC) è stato un comitato scientifico istituito presso il Massachusetts Institute of Technology di Boston nel 1956 con lo scopo di sottoporre a revisione l'insegnamento della fisica nella scuola secondaria superiore.

memorizzare i fatti. Gli studenti dovevano trovare le risposte attraverso una vera sperimentazione e non eseguire esperimenti preimpostati per verificare le risposte che già conoscevano.

Durante il progetto Abbott collaborò con fisici e tecnici per costruire gli scenari che portarono alle fotografie, sperimentando materiali e attrezzature man mano che il lavoro procedeva.

In seguito descrisse il suo tempo con il PSSC come molto produttivo: questo nonostante le molte sfide che dovette affrontare come donna in un ambiente dominato dagli uomini e come artista tra gli scienziati, che non erano convinti che la sua esperienza fosse necessaria.

Queste immagini scientifiche sono una grande opportunità per considerare i contributi che gli artisti hanno dato alla comunità scientifica.

L'insistenza di Abbott nel creare immagini, che potessero trasmettere idee scientifiche specifiche, la distingueva dagli altri artisti del suo tempo, ai quali si opponeva per l'approccio pittorico che avevano nel loro lavoro.

In particolare uno dei progetti politici di Abbott era la democratizzazione della conoscenza scientifica attraverso la produzione specifica di immagini, che traducevano i concetti di scienza in una fotografia, che potesse essere riprodotta e diventare materiale pubblico e che potesse essere utilizzata anche in classe.

Tra le varie immagini prodotte da Berenice Abbot vediamo la fotografia stroboscopica di una pallina in movimento che appare nel libro di testo "*Physics*" in una sezione sui vettori, ovvero quantità che coinvolgono sia la grandezza che la direzione, solitamente rappresentate da un segmento di linea (Fig.25).

Come spiega il testo, il vettore stesso è già una visualizzazione: "La lunghezza del [segmento di linea retta] dà la grandezza, e la sua direzione specifica la direzione nello spazio"⁹⁴.

La didascalia spiega che le stringhe orizzontali attraversano l'immagine a sei pollici di distanza e che queste informazioni possono essere utilizzate insieme alle misurazioni degli spostamenti spaziali e alla velocità del flash per calcolare la

⁹⁴ *Physics*, Physical Science Study ComMiTtee (D.C. Heath, 1960), p.83

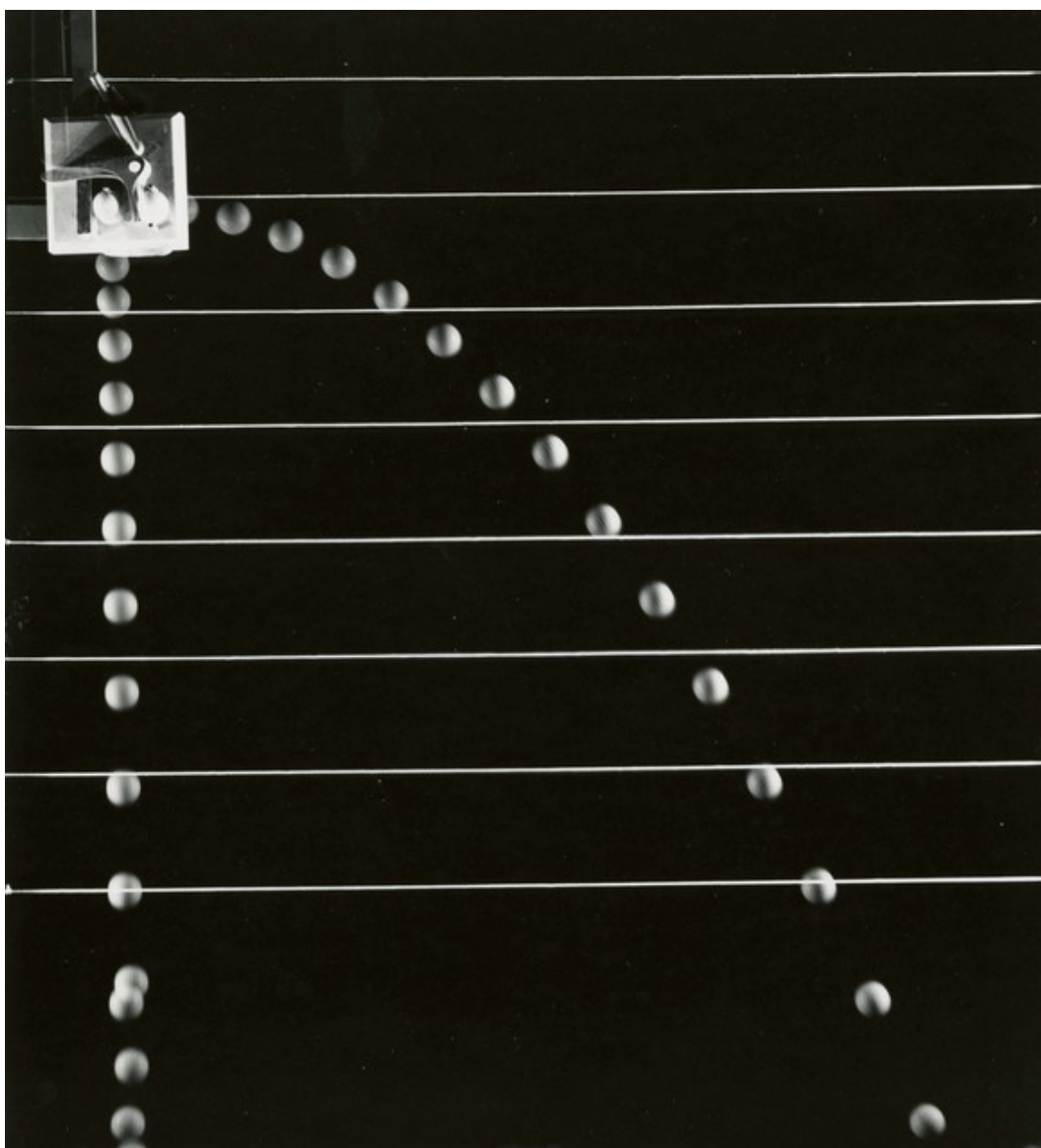


Fig. 25 Berenice Abbott, "*Physics*", fotografia stroboscopica di una pallina in movimento, 1960

velocità e analizzare il movimento della palla in termini di vettori. La fotografia funziona quindi come un grafico.

Qui, Abbott compose un'immagine per corrispondere al concetto matematico, utilizzando oggetti fisici, la tecnologia della fotografia, il testo e i grafici di accompagnamento. Gli studenti sono quindi incoraggiati a fare calcoli direttamente sulla fotografia.

Per creare questa immagine, un meccanismo in alto a sinistra rilasciò due sfere contemporaneamente, una verso l'esterno, verso il lato destro del telaio, e una dritta verso il basso, entrambe di fronte a uno sfondo nero e a una serie di corde posizionate orizzontalmente a intervalli uguali.

Una luce stroboscopica è stata quindi utilizzata per creare una fotografia a esposizione multipla, che è stata ritagliata per eliminare l'impostazione.

Le sfere sono state manipolate per creare un grafico del proprio movimento attraverso un processo elaborato, personalizzato alla tecnologia e dalla tecnologia, al fine di consentire l'analisi desiderata.

Dal punto di vista di Abbott, la fotografia era fondamentale per la scienza, ma credeva che fosse necessario un ramo specifico della fotografia per creare le immagini adatte.

Vediamo quindi come un altro aspetto cruciale dell'approccio di Abbott è la sua comprensione della tecnologia fotografica come essenziale per il processo di comprensione del soggetto rappresentato. Trovare in queste fotografie una relazione tra l'immagine e la natura dipende dalla capacità di riconoscere come la fotografia produce immagini in reazione agli eventi del mondo.

Non nasciamo sapendo come funziona la tecnologia fotografica o come appaiono i suoi prodotti, costruiamo questa conoscenza attraverso l'esperienza. Nel caso dell'immagine vettoriale, si deve essere in grado di riconoscere le tracce del processo fotografico per apprendere il concetto a portata di mano.

A causa di ciò che sappiamo su come la luce influenza la pellicola e per la nostra esperienza con precedenti immagini fotografiche, se un oggetto appare più volte in un'immagine deduciamo che potrebbe essere stato realizzato con un flash stroboscopico. Interpretiamo l'oggetto come se fosse in movimento e la fotografia come relativa a un determinato periodo di tempo.

Abbott e i suoi collaboratori utilizzano quindi intenzionalmente e strategicamente un certo livello di comprensione della fotografia da parte degli spettatori a sostegno del processo pedagogico.

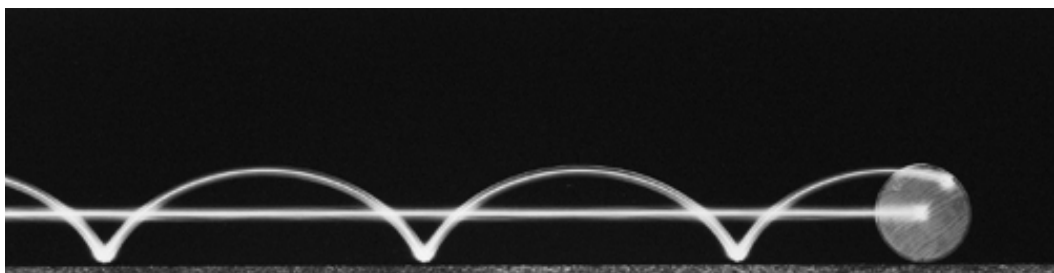


Fig. 26 Berenice Abbott, “*Physics*”, cicloide 1960

Allo stesso modo una didascalia redatta per accompagnare una fotografia stroboscopica di una palla che viaggia in un percorso ellittico aiuta lo spettatore a pensare sia alle leggi fisiche che al processo fotografico.

"La foto mostra una piccola sfera di ottone che oscilla in un percorso ellittico attorno a un oggetto fisso centrale. La pellicola è stata esposta a intervalli di tempo uguali e la telecamera è stata posizionata direttamente sopra il piano dell'ellisse. Una linea dall'oggetto centrale alla palla di ottone scorre su un'area uguale tra due posizioni successive della palla. Questo, ovviamente, fa sì che la palla si muova più lentamente a ciascuna estremità dell'ellisse".⁹⁵

Questo testo di accompagnamento è, ancora una volta, essenziale, poiché attraverso il testo e la fotografia lo spettatore può convertire mentalmente la forma creata da molte iterazioni della stessa sfera di ottone in una comprensione del movimento.

Il testo non solo aiuta lo spettatore a utilizzare la propria comprensione della tecnologia fotografica per eseguire questa conversione, ma fornisce parametri che consentono di utilizzare la fotografia come diagramma.

Un'altra immagine utilizzata nel testo “*Physics*” del 1960 mostra un cicloide (un tipo di curva simile a una serie di archi), in una sezione del libro che spiega l'idea di "quadri di riferimento" per analizzare il movimento con i vettori (Fig. 26).

⁹⁵ Colleen O'Reilly, “Pedagogical Interventions: The Physics Photographs of Berenice Abbott”, p.85

Qui vediamo una ruota, alla quale è stata attaccata una luce, che rotola come lungo una strada. La luce disegna un percorso ad arco.

Il testo spiega che se il quadro di riferimento (ovvero la posizione della fotocamera e i bordi della fotografia) per vedere questa ruota si trovasse all'interno della ruota, allora verrebbe disegnato un percorso circolare più semplice.

Come spiega il testo, i vettori sono specifici rispetto ai loro punti di origine. Questa informazione è cruciale per comprendere l'osservazione di Copernico, secondo cui il modo più semplice per descrivere il moto dei pianeti attraverso i vettori di misurazione è con il loro punto di origine, quindi con il sole invece della terra.

La fotocamera rappresenta il punto di origine o il quadro di riferimento "mentale". La fotografia diventa così una parte centrale del processo educativo e rappresentativo.

Le immagini generano quindi la comprensione dello spettatore di come funziona la fotografia per trasmettere la conoscenza del mondo naturale.

Vediamo ora invece alcune fotografie di Berenice Abbott relative ad altri campi scientifici oltre alla fisica.

Come abbiamo già sottolineato Abbott lavorò anche per la rivista *Science Illustrated*, nella quale compaiono alcune sue fotografie.

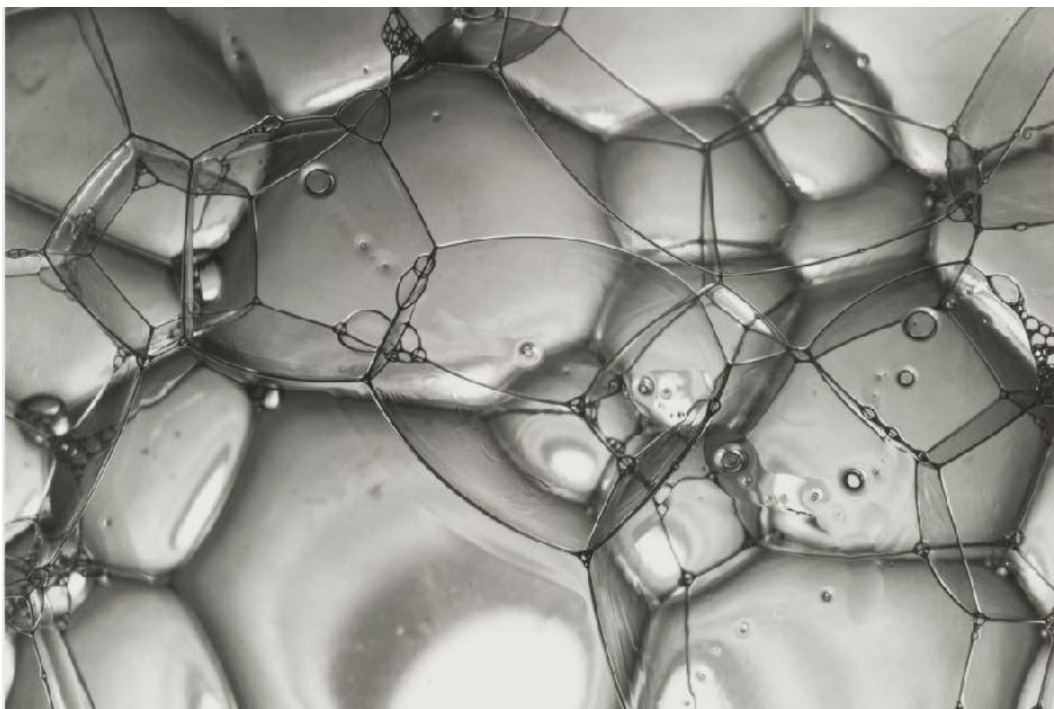


Fig.27 Berenice Abbott, "Soap Bubbles", 1945

Nel luglio 1946 realizza un'immagine utilizzata per illustrare un articolo intitolato "Bolle in azione", che spiegava il meccanismo con cui funziona il sapone. Questo piccolo articolo, come altri che sono apparsi su questa rivista, cercò di spiegare al lettore alcune idee scientifiche che avevano a che fare con materiali e attività con cui avevano già una certa familiarità.

In questo particolare articolo si discute del lavaggio delle fibre sintetiche, il che ci fa pensare che stessero cercando di raggiungere un tipo di pubblico più ampio rispetto ad altre riviste del genere, che si rivolgevano specificamente a gruppi di lettori composti esclusivamente da uomini e ragazzi.

"*Soap Bubbles*" (1945) mostra la geometria che si forma sulla superficie del sapone, prima fotografia realizzata con la tecnica "supersight", brevettata dalla stessa Abbott (Fig.27).

Per quanto riguarda questa fotografia, Abbott ha commentato che ha dovuto operare diversi scatti con diversi tipi di sapone per ottenere lo scatto finale, che è oggi uno dei più imitati, copiati e riprodotti da quando è apparso su *Science Illustrated*.

Il testo della rivista spiegava che le bolle compaiono in maggiore quantità quando l'acqua è dolce, poiché l'acqua "dura" col calcio è più magnetica, interferendo quindi con la formazione delle bolle e interrompendo l'azione del sapone.

Gli articoli, che spiegavano e diffondevano questa scienza "quotidiana", vennero progettati da Abbott per familiarizzare il pubblico con la scienza, in modo che fosse sempre più interessato a sostenere la ricerca scientifica.

Contribuì inoltre a realizzare un libro di testo di biologia del liceo.

In questo testo compare una fotografia di uno scarabeo giapponese (*popillia japonica*), il quale viene ritratto sopra una foglia così forata da sembrare un reticolo in cui rimangono solo le nervature della foglia (Fig.28).

Questo libro di testo di biologia introduce alcune idee che ora associamo all'ecologia: organismi indipendenti sono rappresentati accanto ad altri organismi, le cui relazioni sono al centro del testo.

Particolarmente interessante è il capitolo che fa riferimento ai parassiti e che ritrae gli animali insieme alle piante che consumano, invece di mostrarli isolati. In questo

modo i lettori sono costretti a pensare all'intera relazione, in quanto la foglia mangiata è in realtà il cibo dell'insetto.

Il contrasto degli aspetti relazionali di questa immagine diventa più evidente se confrontato con l'immagine "Untitled", che ritrae un insetto in un formato grande (Fig.29).

Le immagini nei libri di testo di scienze devono essere costruite per comprendere sia l'attuale cultura scientifica sia la dimostrazione di aspetti specifici che gli scienziati stanno cercando di trasmettere. Il problema per il fotografo, quindi, è come motivare lo spettatore a notare gli aspetti dell'immagine che corrispondono agli obiettivi scientifici.

Abbott rimuove tutto il contesto attraverso un'illuminazione attenta che riduce al minimo la visibilità di eventuali ombre, tuttavia l'inquadratura e l'orientamento danno una forte impressione che l'insetto sia grande.

Infine vorrei analizzare un'ultima immagine simbolo del lavoro della Abbott in campo scientifico.

I prismi, che separano la luce nei suoi colori costitutivi per le loro larghezze di banda, sono argomenti familiari nella fotografia ottica, tuttavia in "Luce attraverso il



Fig.28 Berenice Abbott, "Japanese Beetle"
(Popillia japonica), 1948

prisma” (1958-1961) troviamo un diverso tipo di prisma realizzato per mostrare rifrazione e riflessione (Fig.30).

Assistiamo dall'alto alla costruzione di un'attenta ambientazione dove il fotografo descrive la disposizione di due triangoli di vetro con acqua tra loro e nel vuoto (senza aria) trattenuti da una forza coesiva.

Fasci di luce separati entrano nel prisma da diverse angolazioni. Nei primi tre raggi, lo spettatore può vedere la rifrazione spostando leggermente la luce, proprio come si vedrebbe una cannuccia piegata nell'acqua.

Prestando, invece, attenzione agli altri tre fasci di luce, vediamo che l'angolo di incidenza fa sì che i raggi si riflettano contro la parete destra del triangolo attraversando la sua sommità. I raggi si rafforzano mentre si incrociano, producendo punti più luminosi.

Abbott ci ricorda la dualità particella-onda della luce producendo un'immagine che mostra i raggi come lisci (onde) quando all'interno del prisma e discreti (particelle) al di fuori di esso.



Fig.29 Berenice Abbott, “Untitled” (gigant water bug)

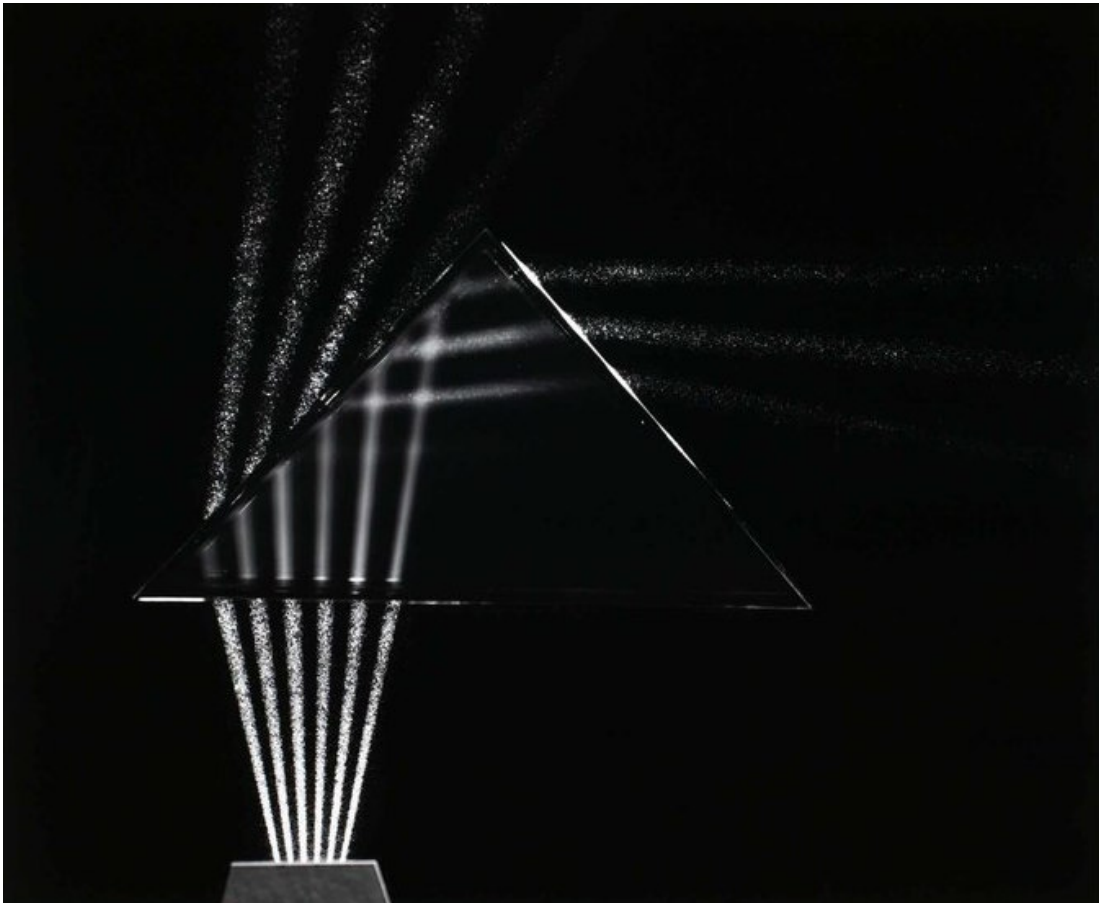


Fig. 30 Berenice Abbott, “*Light Through Prism*”, 1958-1961, Cambridge

Abbott descrive specificamente questa immagine dell'ottica in termini di configurazione necessaria per creare la fotografia:

“Più raggi di luce da una sorgente cambiano direzione quando entrano nella lastra di vetro e quando emergono alcune onde si riflettono all'interno del vetro e poi fuoriescono. La fotografia del prisma è stata scattata con grande cura. Il prisma è stato riempito d'acqua e all'interno non è rimasta una sola particella d'aria, la scatola che conteneva la sorgente luminosa è stata appositamente progettata per

l'esperimento e ha volutamente l'aspetto realizzato per ottenere una composizione migliore"⁹⁶.

Questa immagine iconica è stata ripetuta in molti modi ed è un'affermazione dell'obiettivo di Abbott di comunicare una specifica sensibilità scientifica.

Abbott impiegò una particolare abilità tecnica e scientifica per creare questa modalità di realtà altamente scenica. Artisti e creatori di immagini sono spesso considerati estranei alla scienza anche se i loro contributi consentono la progettazione di strumenti e la visualizzazione dei dati, nonché la comunicazione e la critica della scienza.

Il rapporto di Abbott con la scienza ci permette di vedere la connessione tra arte e scienza. Le sue immagini fanno più che documentare un momento storico della scienza: contribuiscono materialmente alla pratica pedagogica, ma soprattutto all'espansione della fisica in un momento particolare della storia della scienza.

Non solo illustrano o attirano l'attenzione sulla scienza, il linguaggio visivo di queste fotografie ci aiuta a sperimentare e osservare i processi scientifici delle conseguenze delle leggi della fisica e confrontarli con visioni equivalenti del mondo biologico.

Per lei "la fotografia è comunicare le realtà della vita". Le immagini altamente messe in scena sottolineano l'interesse di Abbott per ciò che è davanti alla telecamera e non per le tecniche di elaborazione.

Nel caso delle immagini scientifiche ciò significava rendere ampiamente disponibili le idee della scienza. Abbott stava cercando di comunicare, e quindi democratizzare, ciò che vedeva come il potere del suo tempo e della scienza, e di promuovere l'impegno con esso.

Queste fotografie documentano non solo la realtà ma anche l'immaginazione umana che naviga in essa, ottenendolo interamente attraverso la suggestione.

⁹⁶ Hannah Star Rogers, "Haciendo visible la ciencia: la fotografia de Berenice Abbott"; <https://circuloa.com/haciendo-visible-la-ciencia-la-fotografia-de-berenice-abbott-por-hannah-star-rogers/>

Le fotografie di Abbott ritraggono una realtà modellata, piena di progressioni ordinate e angoli misurabili, movimenti prevedibili e risultati prevedibili, una realtà apparentemente molto diversa da quella che sperimentiamo comunemente.

Abbott credeva che, affinché le persone si sentissero connesse e motivate dalla conoscenza scientifica, questa conoscenza dovesse essere rappresentata visivamente in modo avvincente e che la fotografia fosse "prevalentemente qualificata per unire l'arte con la scienza".

Ha combattuto tanto per la diffusione delle sue fotografie nelle mostre museali quanto per la loro pubblicazione nei libri di testo. Non erano destinate ad operare esclusivamente nel mondo dell'arte né esclusivamente in quello scientifico, ma erano rivolte ad illuminare i presupposti disciplinari di entrambe le sfere.

Capitolo 3: Fotografia astronomica

3.1 Storia della fotografia astronomica

La bellezza del cielo notturno e i misteri dell'universo hanno catturato l'immaginazione di scienziati e artisti sin dall'inizio della storia documentata.

Siamo colpiti da un profondo senso di meraviglia e stupore quando riflettiamo sul cosmo.

L'astronomia e l'arte hanno una relazione di lunga data. L'astronomia è un argomento intensamente visivo. Prima della fotografia, l'unico modo per rappresentare gli oggetti nel cielo era con un disegno o un dipinto.

Gli artisti del passato hanno aiutato gli astronomi a vedere e registrare fenomeni naturali, che a loro volta hanno stimolato domande sul nostro posto nell'universo.

L'arte ha comunicato idee che hanno arricchito la cultura e portato a progressi nei modi di visualizzare ambienti remoti e sconosciuti.

Storicamente l'astronomia era principalmente una scienza osservativa, quindi la presentazione pubblica della fotografia nel 1839 fu immediatamente riconosciuta come importante.

Sebbene la scoperta di Daguerre sia stata promossa dagli astronomi Francois Arago e John Herschel (il primo ad usare la parola fotografia in inglese), i primi processi fotografici erano troppo insensibili per registrare qualsiasi cosa tranne gli oggetti più luminosi nel cielo.

Tuttavia nel 1851 gli astronomi professionisti erano riusciti a creare dagherrotipi del Sole, della Luna, di Giove e della brillante stella Vega, ponendo le basi per futuri progressi.

Solo all'inizio del 1880, dopo l'introduzione del processo di gelatina secca, divennero frequenti le lunghe esposizioni del cielo notturno.

Queste esposizioni hanno rivelato oggetti troppo deboli per essere visti dall'occhio, anche con i telescopi più grandi.

La profonda trasformazione della fotografia, da registratore del visibile a rivelatore dell'invisibile, ha aperto una finestra su un universo molto più grande e misterioso di quanto chiunque avesse immaginato.

Alla fine del XIX secolo, gli scienziati avevano una fede incrollabile nella precisione scientifica e nel carattere oggettivo delle fotografie.

Dopotutto, stelle e pianeti hanno prodotto i propri disegni sulla lastra fotosensibile. Gli interventi artistici non facevano parte di questo. La realtà, ovviamente, non era così semplice.

Ogni astronomo che volesse pubblicare le sue fotografie in quei giorni si trovava di fronte ai limiti delle tecniche di riproduzione disponibili, che del resto potevano essere eseguite correttamente solo da artigiani specializzati.

Un equilibrio tra nitidezza, luminosità, dettaglio e contrasto era estremamente difficile da ottenere in fotografie costituite da superfici nere come la pece, costellate da innumerevoli punti bianchi e nuvole di polvere in sottili sfumature di grigio.

I granelli di polvere sulla lastra erano assolutamente vietati, poiché potevano essere scambiati per nuove stelle o nebulose.

L'intervento umano si rivelò inevitabile, tuttavia gli incisori a volte preferivano la bellezza pittorica all'accuratezza scientifica.

Un dilemma simile sorse a metà del XIX secolo, quando John Herschel pubblicò i suoi disegni astronomici di varie nebulose.

Usò questi disegni per supportare le sue teorie sulla natura di questi misteriosi corpi celesti. Poiché la discussione si svolgeva nell'arena pubblica, Herschel voleva che i suoi disegni apparissero il più "pittoreschi" possibile su giornali e riviste.

Gli incisori erano, a quei tempi, giudicati in base alla loro abilità nel fornire una degna traduzione dell'originale in una riproduzione sorprendente.

Il lettore non si aspettava necessariamente una copia fedele quanto un'immagine creativa, ma questo contrastava però con i desideri degli astronomi.

Sebbene Herschel si lamentasse della stampa popolare inglese, che impazziva per le sue osservazioni astronomiche, egli stesso paragonò il suo disegno della Nebulosa di

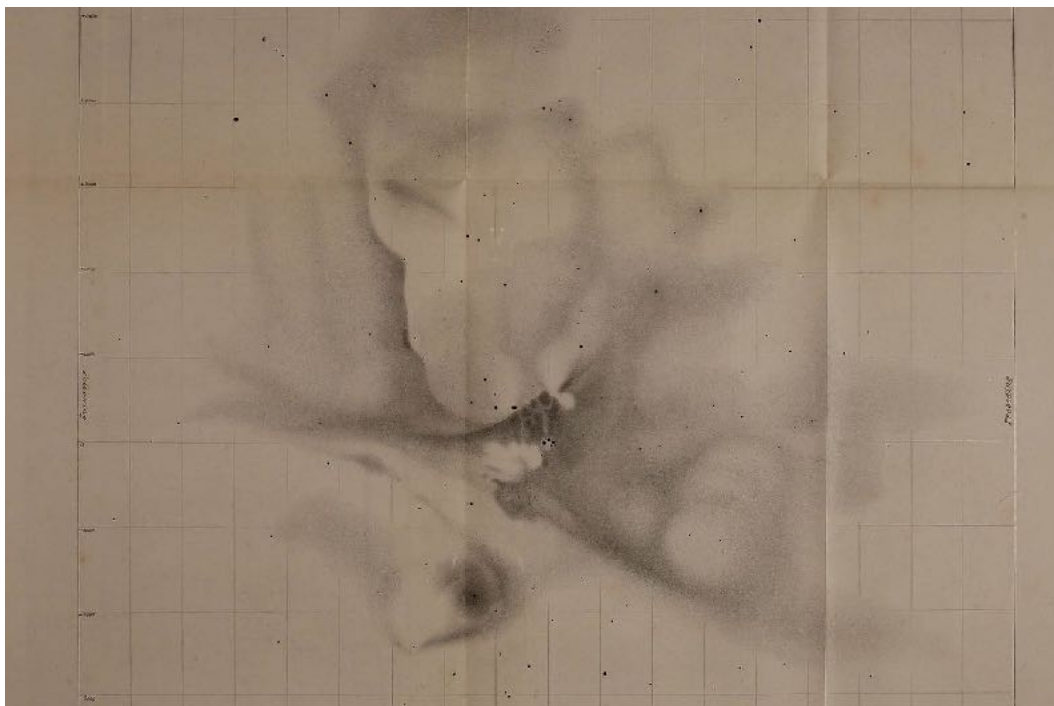


Fig.31 John Herschel, Nebulosa di Orione, 1847

Orione con un gigantesco pesce esotico che tiene la bocca spalancata e mostra i suoi denti aguzzi (Fig.31).

Anche l'astronomia non poteva sfuggire al fascino vittoriano per i fenomeni bizzarri. L'astronomo si trovò spesso, quindi, a cercare di conciliare i desideri della scienza con quelli del tipografo, dell'editore e del pubblico.

L'introduzione della fotografia nell'astronomia portò anche ad una rivoluzione nella costruzione dei telescopi, con i rifrattori che hanno lasciato il posto a riflettori sempre più grandi, la maggior parte dei quali sono stati progettati fin dall'inizio come enormi fotocamere.

La fotografia ha inoltre cambiato il modo di fare astronomia.

Pur trascorrendo ancora molte ore davanti all'oculare, gli astronomi ora guidavano il telescopio, il quale metteva a fuoco la luce su una lastra fotografica e l'immagine che ne scaturiva rappresentava i dati che successivamente sarebbero stati analizzati.

È un risultato notevole che una tecnologia apparentemente semplice come la fotografia, basata su emulsioni, sia stata il cavallo di battaglia dell'astronomia per circa 100 anni.

Nonostante ci fosse spesso una linea sfocata che separava gli astronomi professionisti e dilettanti durante il XIX secolo, gli "scienziati gentiluomini" in Europa e in America hanno raggiunto molte delle pietre miliari, che hanno permesso di trasformare la fotografia da interessante curiosità dell'astronomia a uno dei suoi più grandi strumenti.

Durante il 1850 Warren De la Rue⁹⁷ sviluppò la fotografia lunare usando lastre di collodio umido con il suo riflettore da 13 pollici fatto in casa a Kew Gardens vicino a Londra.

Iniziò anche la prima "pattuglia" fotografica, realizzando fotografie quotidiane del sole tra il 1858 e il 1872, e, nel luglio 1860, ottenne i risultati più significativi durante la prima eclissi solare totale fotografata con successo.

Ideò inoltre il fotoeliografo o telescopio solare e applicò metodi stereoscopici, riuscendo a mostrare come le macchie solari sono depressioni nell'atmosfera del Sole, verificando così una teoria avanzata da Alexander Wilson di Glasgow⁹⁸ nel XVIII secolo.

Negli Stati Uniti lo "scienziato privato" di New York Lewis Morris Rutherfurd fece grandi passi avanti nella fotografia di ammassi stellari e di altri oggetti celesti negli anni '60, utilizzando obiettivi di telescopio di sua progettazione ottimizzati per la fotografia.

Proprio come abbiamo le nostre "icone cosmiche", anche le persone del XIX secolo avevano le loro fotografie preferite.

Il 6 marzo 1865 Lewis Morris Rutherfurd (1816-1892) scattò una fotografia della luna, più dettagliata di tutte le precedenti, con il suo rifrattore da 11 pollici (29 cm) sul tetto della sua casa nel centro di New York (Fig.32).

⁹⁷ Warren De la Rue (1815 – 1889) è stato un astronomo, chimico e inventore britannico, famoso soprattutto per il suo lavoro pionieristico nella fotografia astronomica.

⁹⁸ Il professor Alexander Wilson (1714 – 1786) è stato un chirurgo scozzese, astronomo, matematico e meteorologo. Fu il primo scienziato ad utilizzare gli aquiloni nelle indagini meteorologiche .

Le fotografie lunari di Rutherford furono pubblicate in "*The Moon*"⁹⁹ di Richard Proctor (1873).

Per la maggior parte delle persone la luna non era altro che un grande punto nel cielo.

Queste fotografie erano quindi affascinanti per un vasto pubblico, perché il familiare corpo celeste veniva mostrato per la prima volta in una forma stravagante.

Di tutt'altra natura, ma certamente altrettanto apprezzate, furono le insolite fotografie dell'ingegnere James Nasmyth (1808-1890) e dell'astronomo James Carpenter (1840-1899).

Nel loro classico "*The Moon: Considered as a Planet, a World, and a Satellite*"¹⁰⁰ del 1874, hanno tentato di ritrarre la spazialità, l'incidenza della luce e l'atmosfera sulla luna attraverso l'osservazione e l'analisi scientifica.

I primi piani della superficie lunare non erano ancora possibili, così Nasmyth ha ricostruito le famose regioni lunari in modelli in gesso che ha fotografato con luce obliqua (Fig.33).



Fig.32 Lewis Morris Rutherford, *The moon*, 1865, New York

⁹⁹ Richard Anthony Proctor, *The Moon. Her motions, aspect, scenery, and physical condition. With three lunar photographs by Rutherford*, London, Longmans, Green and Co., 1873

¹⁰⁰ James Nasmyth & James Carpenter, *The Moon: Considered as a Planet, a World, and a Satellite*, Scribner and Welford, 1885, New York

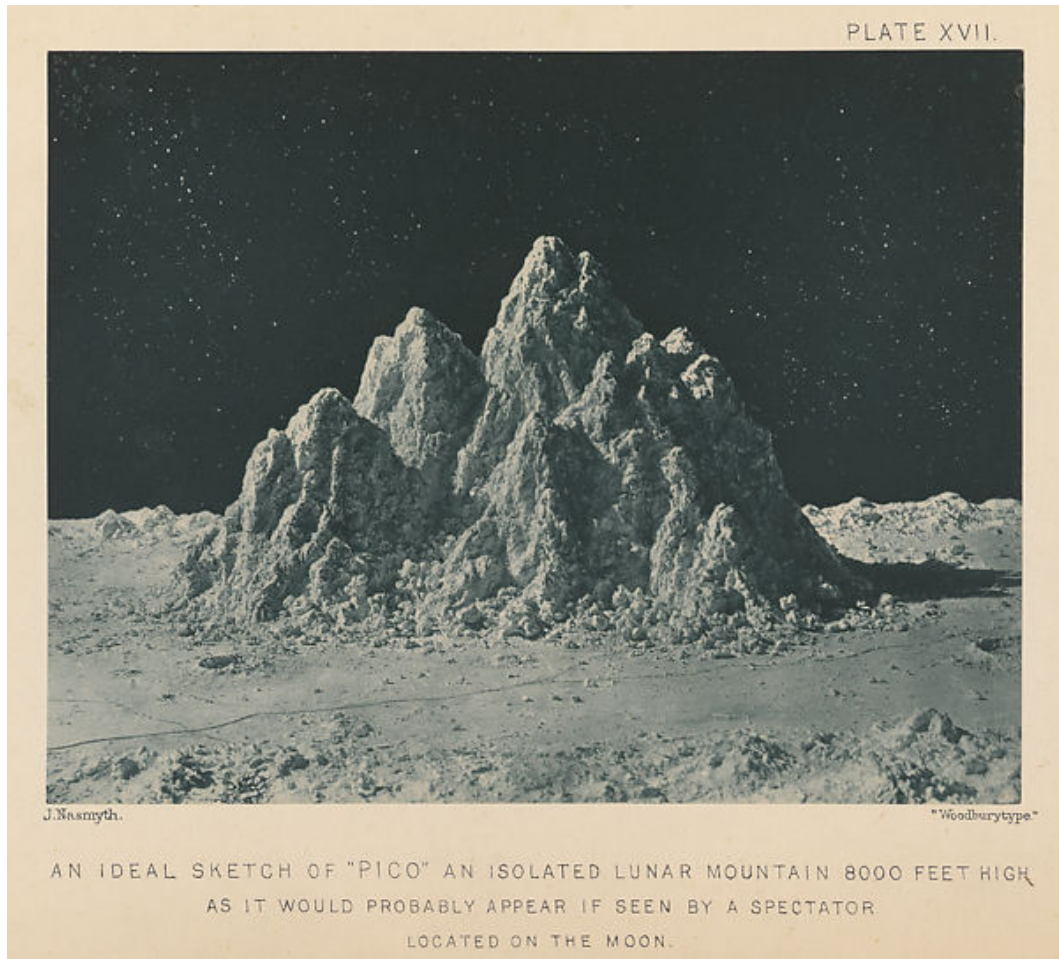


Fig.33 James Nasmyth e James Carpenter, *“La luna: considerata come un pianeta, un mondo e un satellite”*, 1874

Queste fotografie sono state poi usate da lui per disegnare paesaggi lunari tridimensionali che avevano un grande appeal fantasioso.

Il libro ha acquisito un certo status di culto tra gli appassionati di fotografia, non da ultimo grazie al confronto fotografico degli autori della superficie lunare con una mano rugosa e una mela avvizzita.

A noi, oggi, l'approccio di Nasmyth e Carpenter può sembrare laborioso e forse anche un po' ingenuo, ma le immagini mostrano una forza creativa e un'inventiva che continuano ad essere molto accattivanti; hanno inoltre una straordinaria somiglianza con i loro soggetti.



Fig.34 Andrew Ainslie Common, Nebulosa di Orione, 1883

Nasmyth e Carpenter hanno immaginato come sarebbe stare sulla luna, su un pianeta senza atmosfera che tempera, filtra e diffonde la luce solare.

Hanno immaginato un paesaggio desolato e cupo con forti contrasti: la luminosità accecante di elementi illuminati dal sole e ombre spaventosamente scure, in cui le distanze non possono essere comprese.

Quasi cento anni dopo le esperienze degli astronauti dell'Apollo rispondevano a questa descrizione con una precisione quasi agghiacciante.

Nel 1872 l'astronomo dilettante di New York, Henry Draper, figlio di J.W.Draper, ottenne la prima registrazione fotografica dello spettro di una stella, Vega, mentre nel 1880 riprese, attraverso un'esposizione di 51 minuti, per la prima volta la Nebulosa di Orione, utilizzando il metodo fotografico a lastra secca di recente invenzione.

Sebbene non esistesse chiaramente un singolo "padre" dell'astrofotografia, Henry Draper si qualifica certamente come uno di loro.

Tuttavia, è stata un'altra fotografia amatoriale della Nebulosa di Orione che si è rivelata fondamentale nella storia dell'astrofotografia.

Un'esposizione di 37 minuti della nebulosa, dell'ingegnere inglese Andrew Ainslie Common nel gennaio 1883, mostrò stelle più deboli di quelle viste con i più grandi telescopi del mondo: la lastra fotografica aveva dimostrato che poteva guardare nell'universo più a fondo dell'occhio umano (Fig.34).

La giustapposizione dei crescenti successi dell'astrofotografia e il culmine di numerosi progetti estesi, ma deludenti, realizzati dall'astronomia visiva tradizionale, quasi certamente fu l'impulso per molti astronomi professionisti ad abbracciare la fotografia durante la seconda metà degli anni '80.

All'inizio del 1890 non c'era modo di guardare indietro: la lastra fotografica era diventata il rivelatore preferito dall'astronomia. E ora i professionisti guidavano il progresso della fotografia in astronomia.

Il successo della fotografia planetaria su larga scala non fu raggiunto fino al 1885, tuttavia, quando i fratelli Pierre Paul Henry (1848-1905) e Mathieu Prosper Henry (1849-1904) utilizzarono un rifrattore fotografico di 33 cm all'Osservatorio di Parigi per fotografare sia Giove sia Saturno.

Questi due astronomi innovativi non erano solo abili costruttori di strumenti e astrofotografi, ma anche attori chiave nel famoso progetto “*Carte du Ciel*” (mappa del cielo).

Questo progetto nacque nel 1887. Come abbiamo detto, su iniziativa dei fratelli Henry il direttore dell'Osservatorio di Parigi, Ernest Amédée Mouchez (1821-1892), lanciò questo progetto a lungo termine.

L'Osservatorio di Parigi riuscì ad includere altri 17 osservatori mondiali attorno a questo progetto. La mappa fotografica doveva identificare le stelle del cielo, più di 10 milioni fino all'undicesima e dodicesima magnitudine¹⁰¹.

Decenni di lavoro vennero spesi a livello internazionale prima della soppressione del progetto, dovuta all'avvento delle moderne tecnologie astronomiche.

¹⁰¹ Grandezza introdotta empiricamente dall'astronomo greco Ipparco (2° sec. d.C.), per classificare le stelle a seconda della loro luminosità apparente.

Non venne mai completato, sebbene il catalogo sia stato pubblicato nel 1958.

I primi anni del 1900 hanno visto il fiorire della fotografia astronomica di qualità, inclusi il sistema solare, gli oggetti del cielo profondo, nonché la spettroscopia.

Tra le prime fotografie planetarie ad alta risoluzione vi furono quelle ottenute nel 1904 da Carl Otto Lampland (1873-1951) con il rifrattore Clark da 24 pollici al Lowell Observatory.

Lampland progettò e costruì speciali fotocamere ingranditrici per la fotografia planetaria, mantenendo anche i telescopi, incluso il riflettore da 42 pollici dell'osservatorio, con il quale in seguito ottenne molte eccellenti immagini di ammassi stellari e nebulose.

Costruì termocoppie per misurare le temperature dei pianeti, notando grandi differenze tra le temperature notturne e diurne su Marte, il che implica una sottile atmosfera.

Oltre ad avere un asteroide chiamato in suo onore, anche i crateri da impatto sulla Luna e su Marte portano il suo nome.

I pianeti, a causa del loro piccolo diametro apparente, e quindi richiedendo lunghe lunghezze focali del telescopio o amplificazione dell'immagine, nonché ottiche e condizioni di visibilità eccellenti, si sono rivelati immensamente difficili da fotografare con successo tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo.

Per esempio le lastre granulose "isocromatiche" dell'epoca non erano sufficientemente sensibili al rosso per registrare bene i dettagli della superficie marziana.

Molto di ciò cambiò con l'introduzione delle lastre fotografiche pancromatiche nel 1909, in coincidenza con un'opposizione particolarmente favorevole di Marte.

Il risultato fu che diversi osservatori, tra cui Lowell, Lick, Mt. Wilson e Pic du Midi, ottennero alcune delle prime immagini intensamente dettagliate del Pianeta Rosso.

Sempre fedele al suo datore di lavoro, Percival Lowell (astronomo e imprenditore americano che scattò delle prime fotografie di Marte, sottolineando la presenza di canali di supporto vitale sulla superficie del pianeta), Lampland dedicò i suoi primi

sforzi per ottenere immagini di Marte abbastanza nitide da rivelare i presunti "canali".

Lowell era ovviamente il suo più ardente sostenitore, sostenendo che erano i canali di irrigazione di una civiltà morente e affamata d'acqua su Marte.

Infatti, ancora nel 1921, in un rapporto intitolato "*Is Mars Habitable?*", Lampland afferma inequivocabilmente che nell'opposizione del pianeta del 1905, "...riuscì a fotografare diversi canali, e alla successiva opposizione del 1907 ottenne risultati migliori nel fotografare praticamente tutti i canali osservati visivamente durante quell'opposizione"¹⁰².

Anche dopo che la maggior parte degli altri importanti osservatori dell'epoca avevano ampiamente respinto i canali come fasulli, E.C.Slipher (1883-1964), il successore di Lampland, come maestro fotografo planetario presso l'Osservatorio di Lowell, si sforzò valorosamente di catturare immagini convincenti dei canali marziani.

A tal fine adattò e perfezionò un metodo per combinare efficacemente più immagini scattate in sequenza, metodo chiamato "stampa per integrazione".

Ciò ha portato a immagini dei pianeti più nitide, meno granulose, con maggior contrasto e più dettagliate rispetto a quelle che potrebbero essere generate con singole esposizioni utilizzando le emulsioni fotografiche granulose del tempo.

Slipher utilizzò questa tecnica con grande vantaggio per il resto della sua carriera e ottenne alcune delle più belle immagini planetarie della prima metà del XX secolo (Fig.35).

Combinando questo approccio con la fotografia con filtro selettivo, Slipher e altri sono stati in grado di rivelare chiaramente i drammatici cambiamenti nel ponte di nuvole venusiano.

Questa tecnica di stampa, laboriosa e dispendiosa in termini di tempo, diventò una pratica standard in altri importanti osservatori come l'equivalente fotografico

¹⁰² Klaus Brasch, *A Short History of Astrophotography: Part 1*, p.56, 2017; <http://adsabs.harvard.edu/pdf/2017JRASC.111...52B>



Fig.35 E.C.Slipher, una delle prime fotografie a colori di Marte, 1939

dell'impilamento delle immagini, praticato di routine oggi dagli "astroimager" digitali.

Durante la prima metà del XX secolo, lo studio della Luna e delle placche fu sostanzialmente abbandonato dalla maggior parte degli astronomi professionisti a favore dell'astronomia galattica e della fisica stellare.

Così, con l'eccezione di una manciata di professionisti, tra cui Gerard Kuiper¹⁰³ a Yerkes e diversi astronomi agli osservatori di Parigi, Pic du Midi e, naturalmente, all'Osservatorio Lowell, gli studi sul sistema solare divennero principalmente di competenza degli astronomi dilettanti.

Per gran parte del XX secolo c'è stata una netta divisione tra l'astrofotografia eseguita da astronomi professionisti e dilettanti. Sebbene ci fossero eccezioni degne di nota su

¹⁰³ Gerard Peter Kuiper (1905 - 1973) è stato un astronomo olandese, scienziato planetario, autore e professore. Egli è l'omonimo della fascia di Kuiper.

entrambi i lati, i professionisti usavano la fotografia per la scienza mentre i dilettanti la usavano per perseguire obiettivi estetici.

I dilettanti, tuttavia, sono stati pronti a sfruttare le ultime tecnologie fotografiche per il loro hobby, e questo fu particolarmente vero in seguito all'introduzione delle emulsioni di colore, che sono state ampiamente ignorate dai professionisti.

L'astrofotografia amatoriale moderna iniziò sul serio tra la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60, in un momento in cui divenne disponibile una serie di pellicole da 35 mm pancromatiche e a grana relativamente fine.

Inoltre, furono prodotte fotocamere reflex a obiettivo singolo a prezzi accessibili, che divennero rapidamente le preferite dei fotografi dilettanti.

Verso la metà degli anni '60 e '70, divennero disponibili nuove pellicole a colori a grana fine, che producevano immagini planetarie a colori più dettagliate, comprese alcune che si avvicinavano alle moderne immagini digitali.

Forse la migliore immagine di Saturno è stata scattata nel 1974 da Stephen Larsen all'Osservatorio Catalina, vicino a Tucson, in Arizona.

Oggi le immagini astronomiche appaiono a colori, questo mezzo ha iniziato a prosperare solo negli anni '80 con l'introduzione della produzione di immagini a tre colori ed è cresciuto in popolarità quando l'ottica del telescopio spaziale Hubble è stata corretta nel 1993.

Questo sviluppo ha coinciso con la graduale introduzione dei CCD elettronici (dispositivi ad accoppiamento di carica) come "rivelatori di area" astronomici scelti presso i grandi osservatori, rendendo obsoleta la fotografia convenzionale dopo quasi un secolo di successi.

L'output di un CCD era digitale e poteva essere letto all'istante, senza che fossero coinvolti prodotti chimici o un'elaborazione analogica. Infatti fino all'introduzione del CCD le fotografie astronomiche venivano prodotte su lastre di vetro, rese sensibili alla luce con emulsioni chimiche, e successivamente su pellicola di acetato o nitrato.

La nuova tecnologia fotografica digitale è stata, come l'uso dei computer in generale, introdotta in una fase abbastanza precoce in astronomia, poiché si è rivelata più sensibile alla luce, affidabile e pratica.

Un CCD è un chip, situato dietro l'obiettivo della fotocamera, che converte la luce catturata, la radiazione elettromagnetica, in un segnale elettrico che viene convertito, da un altro chip, in un segnale digitale.

Quest'ultimo segnale viene poi convertito in una "immagine".

Tramite i filtri nella fotocamera il CCD è in grado di distinguere vari intervalli di lunghezze d'onda nella luce.

L'elaborazione e l'esame di questi "dati visivi" possono essere effettuati anche tramite computer: proprio quello che serve per i team di produzione di immagini che hanno, nel computer, una camera oscura con un vasto potenziale a loro disposizione.

Sebbene il passaggio dalle emulsioni fotografiche ai rivelatori digitali abbia giovato tanto all'astrofotografia amatoriale quanto alla ricerca professionale, la vera "rivoluzione digitale" riguarda ciò che accade dopo che le esposizioni sono state effettuate.

Oggi la camera oscura convenzionale è quasi estinta nel mondo dell'astrofotografia, sostituita da una miriade di programmi per computer che eseguono laboriose manipolazioni in camera oscura con un battito di ciglia.

Questi programmi possono svolgere compiti che erano quasi impossibili anche per i tecnici di camera oscura più abili.

Inoltre la comparsa dei radiotelescopi e della radioastronomia nel ventesimo secolo portò a nuove misurazioni sui corpi celesti.

L'analisi spettroscopica delle emissioni atomiche e dei loro diversi isotopi durante i salti quantistici diventò possibile. Un salto quantico è un cambiamento che avviene nell'atomo stesso, a livello degli elettroni. Sono la fonte di emissioni elettromagnetiche, compresa la luce.

I cambiamenti nello stato degli atomi diventano quindi identificabili, portando l'astronomia in una nuova era.

La fotografia ha potenziato tutti i rami tradizionali ed embrionali dell'astronomia ottica, in particolare la fotometria, l'astrometria (la misurazione della luminosità, del colore e della posizione delle stelle) e la spettroscopia (registrazione degli spettri).

Ha anche reso possibili molte delle principali scoperte del ventesimo secolo, come l'espansione dell'Universo, la scoperta del redshift, la natura delle galassie e innumerevoli altre.

Da allora la fotografia si è rivelata un mezzo eccellente per comunicare la bellezza e il mistero del cielo notturno.

Sorprendentemente la maggior parte delle persone non ha ancora familiarità con la forma della Via Lattea o persino con le fasi lunari, ma nessuno può aver perso le immagini del telescopio spaziale Hubble o del viaggio della navicella spaziale Cassini intorno a Saturno.

3.2 Contributi della fotografia astronomica a due delle più importanti teorie scientifiche del XX secolo

La fotografia ha contribuito a sviluppi fondamentali nell'astrofisica e nella cosmologia del XX secolo.

In particolare mi piacerebbe concentrarmi su due delle più importanti teorie rivoluzionarie dello scorso secolo.

Come già accennato nel capitolo precedente fu grazie ad una serie di fotografie che venne confermata la “Teoria della relatività” di Einstein, quella che lo rese il famoso fisico che oggi tutti conosciamo¹⁰⁴.

Agli inizi del '900 molti dubitavano delle nuove audaci idee teoriche proposte da Einstein. Nel 1916 pubblicò, infatti, la sua “Teoria della relatività generale” con tutti i dettagli matematici.

Questo portò alla creazione di una struttura radicalmente nuova per la fisica, abolendo le nozioni consolidate di spazio e tempo e sostituendo la formulazione delle “leggi di gravità” di Newton.

¹⁰⁴ Vedi Cap.2, pag.47

La rivoluzione di Einstein doveva cambiare il corso della scienza; ma negli anni immediatamente successivi alla pubblicazione, non c'erano prove osservative definitive che la sua teoria fosse corretta.

La teoria di Einstein, in otto anni di lavoro, scaturì da intuizioni che aveva sviluppato dopo aver pubblicato la sua “Teoria della relatività ristretta”¹⁰⁵ nel 1905.

Uno degli effetti previsti dalla nuova teoria era che i raggi di luce, passando vicino a un corpo massiccio come una stella, sarebbero piegati dal suo campo gravitazionale. Un raggio di luce che intacca il bordo del sole, ad esempio, si piegherebbe di un minuscolo 1,75 secondi d'arco¹⁰⁶.

Anche la fisica newtoniana prevedeva che la luce venisse piegata a causa della gravità, ma solo della metà di quanto previsto dalla teoria di Einstein.

Einstein trasmise per la prima volta pubblicamente la “Teoria della relatività generale” all'Accademia delle Scienze prussiana nel 1915.

Tuttavia la Prima Guerra Mondiale era ormai ben avviata, in tutto il suo orrore. L'anno successivo, nonostante la rottura dei canali di comunicazione in tempo di guerra, l'astronomo Arthur Eddington e il collega Frank Watson Dyson, riuscirono a ottenere i documenti pubblicati da Einstein.

Dyson si rese subito conto che l'eclissi solare totale del 1919 si sarebbe rivelata un test ideale.

Durante questa eclissi, il Sole si sarebbe seduto di fronte alle Iadi, un ammasso di stelle luminose nella costellazione del Toro. Quindi, in totale, molte stelle sarebbero state visibili vicino al disco eclissato (questo era fondamentale, in quanto l'effetto di flessione della luce previsto da Einstein è maggiore per le stelle osservate vicino al Sole).

¹⁰⁵ La teoria della relatività ristretta (o relatività speciale), sviluppata da Albert Einstein nel 1905, è una riformulazione ed estensione delle leggi della meccanica. In particolare essa è necessaria per descrivere eventi che avvengono ad alte energie e a velocità prossime a quella della luce, riducendosi alla meccanica classica negli altri casi.

¹⁰⁶ Un secondo d'arco è l'unità di misura per gli angoli tra oggetti nel cielo. E' la più piccola unità usata. Il simbolo per il secondo d'arco è il doppio apice ("). Vi sono 60 secondi d'arco in un minuto d'arco e 3600 secondi d'arco in un grado.

Durante un'eclissi solare totale, il disco della Luna passa davanti al Sole. Questo cancella i suoi raggi accecanti e consente agli astronomi di studiare la luce relativamente fioca delle stelle sullo sfondo.

Confrontando le fotografie esistenti di un particolare ammasso di stelle con le immagini da loro scattate durante un'eclissi, sarebbe stato possibile scoprire l'effettivo cambiamento di posizione dato dalla curvatura dello spazio a causa della massa solare.

Eventuali spostamenti apparenti, causati dal campo gravitazionale del Sole, potrebbero quindi essere calcolati. Maggiore è il numero di stelle misurate, maggiori saranno le possibilità che gli osservatori avrebbero di correggere gli errori sistematici e ridurre quelli casuali.

Questa era l'idea. Ma c'erano molti ostacoli pratici da superare, sia nei tecnicismi delle osservazioni, sia nella logistica della spedizione.

Il percorso della totalità dell'eclissi passò dal Brasile settentrionale, attraverso l'Atlantico, all'Africa occidentale, rendendo impossibile organizzare una spedizione dalla Gran Bretagna fino alla cessazione delle ostilità. L'armistizio del novembre 1918 lasciò il tempo sufficiente per mettere in atto il piano.

Dyson, responsabile generale delle spedizioni, rimase in Inghilterra. Eddington si recò a Príncipe; Andrew Crommelin, che lavorò al Royal Greenwich Observatory, Londra, andò a Sobral.

Eddington, che guidò l'esperimento, misurò per la prima volta le posizioni "reali" delle stelle durante il gennaio e il febbraio 1919.

A maggio si recò nella remota isola di Príncipe (nel Golfo di Guinea al largo della costa occidentale dell'Africa) per misurare le posizioni delle stelle durante l'eclissi, viste attraverso la lente gravitazionale del sole.

Entrambe le località avevano cieli sereni e gli astronomi scattarono diverse fotografie durante i sei minuti di eclissi totale (Fig.36). Quando Eddington tornò in Inghilterra, i suoi dati confermarono le previsioni di Einstein. Annunciò quindi le sue scoperte il 6 novembre 1919.

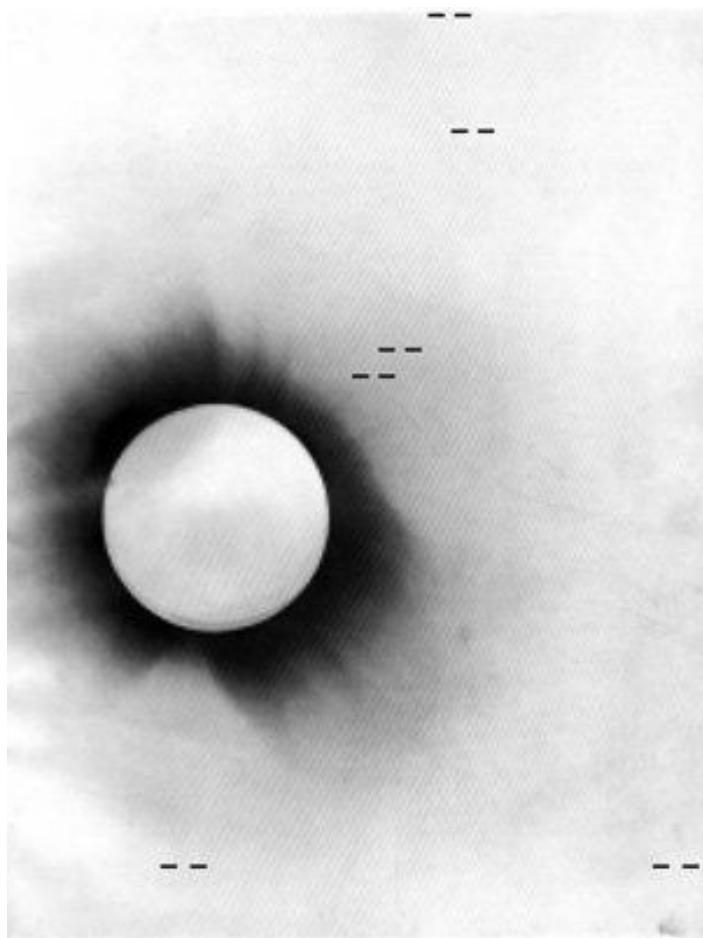


Fig.36 Foto negativa dell'eclissi solare del 1919 scattata dall'isola di Principe. In questa foto sono segnate le posizioni delle stelle che vennero esaminate nel test storico della "Teoria della gravità" di Einstein.

La mattina dopo, Einstein, fino a quel momento un nuovo arrivato relativamente oscuro nella fisica teorica, era sulla prima pagina dei principali giornali di tutto il mondo.

Anche le successive eclissi solari generarono risultati del tutto coerenti con la teoria di Einstein, mentre fotografie successive scattate dal telescopio Hubble rivelarono distorsioni dello spazio ancora più spettacolari, prodotte da potenti campi gravitazionali.

In alcune immagini la luce delle stelle attorno a enormi ammassi di galassie è attorcigliata in lunghe strisce allungate, così potente è la curvatura dello spazio attorno a queste vaste collezioni di stelle.

La curvatura della luce attorno a oggetti massicci è ora nota come lente gravitazionale ed è diventata uno strumento importante in astrofisica. I fisici ora utilizzano le lenti gravitazionali per cercare di comprendere la materia oscura e l'espansione dell'universo.

Chiaramente la fotografia non rappresenta il fulcro centrale di queste scoperte, ma rimane un elemento chiave all'interno della loro storia.

Come vedremo anche per la successiva scoperta, l'immagine fotografica rappresenta un fattore necessario e fondamentale.

Senza il suo sostegno non avremmo potuto dimostrare e sviluppare nuove teorie sul mondo che ci circonda.

La fotografia, pur con i suoi limiti, diventa un documento di studio essenziale per gli scienziati, che si affidano ad essa come sostegno al loro intelletto.

Fu infatti dalle misurazioni e dalla fotografie del telescopio Hooker, in uno degli osservatori più importanti del periodo, Mount Wilson Observatory, che venne fatta un'ulteriore scoperta che cambiò il nostro modo di vedere l'universo.

Nel 1923 Edwin Hubble, un astronomo americano, dimostrò che la Nebulosa di Andromeda era in realtà una galassia separata dalla nostra Via Lattea, rivelando che l'universo è milioni di volte più grande di quanto si credesse in precedenza.

Scattando una serie di fotografie ad alta risoluzione della "Nebulosa" di Andromeda, trovò, in un momento fortuito, alcune stelle variabili, le Cefeidi¹⁰⁷, la cui luminosità varia periodicamente.

Hubble rilevò, per Andromeda, una distanza di 860 mila anni-luce, un numero più basso di quello che sappiamo ora, ma tale da superare quei "limiti" della Via Lattea posti fino ad allora.

¹⁰⁷ Una cefeide è un tipo di stella gigante che pulsa, aumentando e diminuendo il suo diametro con un periodo che può variare da poche ore a centinaia di giorni.

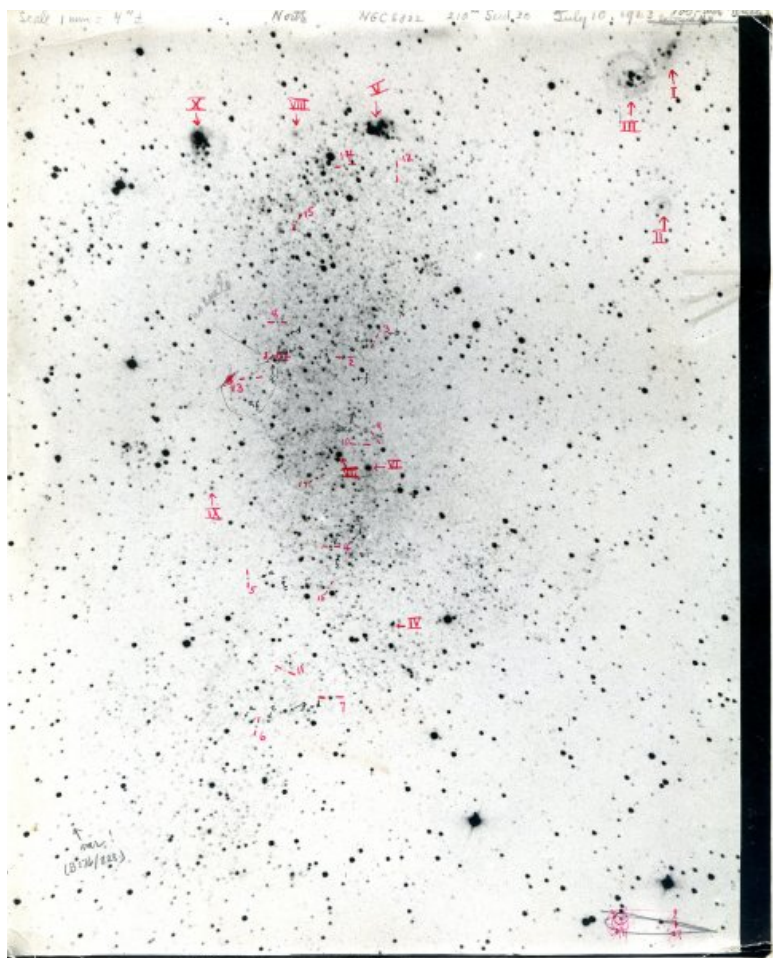


Fig.37 Edwin Hubble, 10 luglio 1923. È da questa fotografia che Edwin Hubble calcolò l'espansione dell'Universo.

Il lavoro di Hubble fu rivoluzionario. Andromeda era, di fatto, un'altra galassia, un altro "universo". E così dovevano essere tutte quelle altre "macchie" poco definite. L'universo visibile si estendeva per centinaia di migliaia di volte rispetto all'oggetto più distante della Via Lattea, mentre lo spazio tra questi "universi-isola" era in espansione.

Hubble effettuò il meticoloso lavoro di raccogliere, da ogni galassia lontana, luce sufficiente ad identificarne lo spettro. Ciò che riscontrò fu davvero sorprendente.

Osservò negli spettri un progressivo spostamento verso l'estremità "rossa" dello spettro della luce visibile (Fig.37).

Hubble misurò molti di questi “redshift” e li confrontò caso per caso con le distanze delle galassie emittenti.

Compì poi un ulteriore passo cruciale, interpretò i redshift della luce proveniente dalle galassie come conseguenza di un effetto Doppler¹⁰⁸: se una sorgente di luce si avvicina, vediamo la sua luce più blu di com’era quando è stata emessa, ma se la sorgente si allontana, vediamo il suo colore spostarsi verso il rosso.

Hubble interpretò lo spostamento verso il rosso dei suoi spettri come un effetto del fatto che riceveva luce proveniente da galassie che si allontanavano.

Ciò gli consentì di fare la più importante scoperta scientifica del XX secolo: l’espansione dell’universo.

Riportò quindi in un grafico la velocità di espansione in funzione della distanza della galassia emittente, creando uno dei diagrammi più famosi della storia della scienza e scoprì che la velocità di recessione è direttamente proporzionale alla distanza della galassia.

L’astronomo presentò il suo articolo contenente lo storico grafico, che sarebbe divenuto noto come “legge di Hubble”, il 17 gennaio 1929.

Queste e molte altre scoperte scientifiche furono possibili grazie ad una delle più importanti caratteristiche della fotografia: catturare la realtà e fissarla per un esame approfondito. La capacità di fissare la realtà nei suoi particolari più minuti.

Gli astronomi furono tra i primi ad utilizzare questa tecnica, la prima immagine del sole e di un’eclissi di sole furono entrambe catturate su dagherrotipi negli anni ’40 dell’ottocento.

Perché quindi gli scienziati diedero sempre così tanta importanza alla fotografia? L’osservazione attenta delle prove è il fulcro del moderno metodo scientifico.

La fotografia fu sempre considerata una tecnica oggettiva di osservazione, libera dai potenziali errori umani presenti nelle illustrazioni usate precedentemente per rappresentare i propri esperimenti.

¹⁰⁸ Effetto Doppler: quando una sorgente di onde sonore ci passa accanto, sentiamo il tono salire mentre la sorgente si avvicina (perché le onde arrivano con una frequenza maggiore di quella con cui sono state emesse) e abbassarsi quando la sorgente si allontana (perché le onde arrivano con una frequenza minore di quella con cui sono state emesse).

Altrettanto importante è la capacità della fotografia di raccogliere informazioni e processi che l'occhio umano non potrebbe cogliere.

Se infatti ci concentriamo su una scala spaziale, gli obiettivi dei telescopi sono in grado di catturare galassie che si trovano a 4 miliardi di anni luce dalla Terra, come possiamo vedere nelle immagini dell'osservatorio "Chandra X-ray" della Nasa.

In tali osservazioni astronomiche e cosmologiche la parte del leone l'ha fatta e continua a farla la fotografia. Quasi per definizione, certi fenomeni non si potrebbero vedere a occhio nudo e la fotografia, così come i filmati, ci hanno offerto anche la comodità di poterli osservare con calma e più volte.

L'occhio dell'obiettivo più che documentare uno stato di cose, ce lo ha rivelato.

3.3 Fotografia astronomica e arte: influenze reciproche

Non c'è settore della scienza più pittoresco dell'astronomia.

Il sorgere e tramontare degli astri, le costellazioni cariche di significati, l'eclissi di Luna e Sole erano gli eventi più grandiosi di cui gli antichi esseri umani fossero testimoni.

Le immagini astronomiche più antiche sono disegni, dipinti e opere in pietra, metallo e altri materiali che rappresentano l'aspetto di una parte del cielo.

Queste prime rappresentazioni riflettono il profondo impulso degli umani a imporre modelli su ciò che potevano vedere, come la disposizione delle stelle in costellazioni o asterismi¹⁰⁹.

Sebbene sappiamo che il posizionamento delle stelle è casuale, i primi ominidi che osservavano il cielo notturno percepivano figure, animali, dei, creature mitiche, che davano significato alle stelle e le rendevano più facili da individuare nel cielo.

Con lo sviluppo della tecnologia, l'occhio e la mano umana, fino ad allora creatori di queste immagini, cedettero il posto al telescopio e all'obiettivo della macchina fotografica.

¹⁰⁹ In astronomia, un asterismo (o asterisma) è un qualunque gruppo di stelle visibile nel cielo notturno, riconoscibile dal resto per la sua particolare configurazione geometrica. Si tende a riservare la parola a gruppi di stelle poco numerosi, le normali costellazioni possono essere considerate asterismi di grande dimensione.

Grazie alle immagini fondamentali fornite dall'astronomia del XX secolo emersero i temi dell'astrofisica e della cosmologia moderne.

La cosmologia oggi ci offre immagini di altri universi e rende ancora più complessa la mappa del nostro.

Queste immagini ci hanno permesso di creare una visione del nostro posto nell'universo.

Le configurazioni delle stelle un tempo davano origine a credenze che guidavano la vita dell'essere umano. L'astrologia oggi si è trasformata in astronomia, ma le immagini dell'universo fornite dal telescopio spaziale Hubble continuano ad influenzarci in modi straordinari.

Queste immagini sono ormai conosciute in tutto il mondo, ed è anche grazie a loro che la distinzione tra fotografie scientifiche e fotografie che servono principalmente a scopo pubblicitario, le belle immagini, è nettamente definita.

Non è stato così durante i primi decenni che seguirono l'invenzione della fotografia.

Allora i fotografi e gli astronomi erano particolarmente interessati a ritrarre i corpi celesti con la minor distorsione e il maggior numero di dettagli possibile, e questo di per sé era un risultato scientifico.

Negli scritti scientifici e nei libri divulgativi fu impiegato lo stesso materiale visivo.

Il suo uso diretto, tuttavia, era ancora molto limitato.

Con lo sviluppo della tecnologia fotografica, il suo potenziale scientifico è cresciuto e gradualmente, all'inizio del XX secolo, si è verificata una distinzione tra i due tipi di immagini fotografiche.

Una fotografia scientifica interessante non era più, per definizione, anche una fotografia emozionante.

L'analisi spettrale fotografica, divenuta parte essenziale della ricerca astronomica a partire dalla fine del XIX secolo, ha infatti l'espressività visiva di un codice a barre.

Un buon esempio è la scoperta di Plutone nel 1930, che ha dato ai giornali copie per giorni e giorni.

Nelle fotografie iniziali, infatti, il pianeta nano spicca a malapena tra le stelle circostanti.

L'astronomo Clyde Tombaugh (1906 - 1997) scoprì Plutone perché notò, confrontando due fotografie della stessa area celeste, un granello di luce che si era spostato rispetto alle altre.

Tutto questo non vuol dire che le immagini astronomiche e l'arte non si siano influenzate vicendevolmente nel corso degli ultimi due secoli.

Negli anni '20 infatti gli artisti d'avanguardia videro nelle fotografie astronomiche un potenziale pittorico senza precedenti, per la creazione di nuovi mondi.

Le forme ellittiche e rotonde di ammassi stellari, nebulose e galassie sono immediatamente riconoscibili nei dipinti astratti e nelle installazioni di artisti come Hans Arp¹¹⁰, Alexander Calder¹¹¹ e Joan Miró¹¹².

Possiamo notare come l'incontro tra arte e scienza permise ad Alexander Calder di esprimere la visione astratta del cosmo nel suo "*A universe*" (1934) (Fig.38).

La sua formazione come ingegnere meccanico lo aiutò infatti nella costruzione di un motore che azionava i movimenti delle sfere.

Una piccola sfera rossa e una bianca più grande suggeriscono i pianeti che si muovono lungo percorsi di cavi curvi a velocità diverse, compiendo un ciclo completo in quaranta minuti.

Riflettendo sul suo lavoro, Calder commentò: "A quel tempo e praticamente da allora, la forma alla base del mio lavoro è stato il sistema dell'universo"¹¹³.

Il suo fascino personale per il sistema solare faceva parte di un fenomeno più ampio, provocato in parte dalla scoperta di Plutone nel 1930.

Tuttavia, l'interesse di Calder per l'astronomia e la fisica non era unilaterale.

¹¹⁰ Hans Peter Wilhelm Arp , meglio conosciuto come Jean Arp (1886 – 1966) , è stato uno scultore, pittore e poeta tedesco-francese. Era conosciuto come dadaista e artista astratto .

¹¹¹ Alexander Calder (1898 - 1976) è stato uno scultore americano noto per l'invenzione di grandi sculture di arte cinetica chiamate *mobile*. Non ha limitato la sua arte alle sculture; ha anche creato dipinti, gioielli, scenografie teatrali e costumi.

¹¹² Joan Miró i Ferrà (1893 – 1983) è stato un pittore, scultore e ceramista spagnolo nato a Barcellona .

¹¹³ Focus: Alexander Calder, 2007; <https://www.moma.org/collection/works/81054>

Quando “*A Universe*” fu esposto per la prima volta, si dice che Albert Einstein rimase paralizzato di fronte alle sue sfere che si muovevano lentamente per l'intero ciclo di quaranta minuti.

Gli artisti usavano inoltre fotografie astronomiche per accompagnare i loro scritti.

L'artista russo-tedesco Wassily Kandinsky mostrò, in “*Punto, Linea, Superficie*”¹¹⁴(*Punkt und Linie zu Fläche*) (1926), una fotografia di un ammasso stellare nella costellazione di Ercole (Messier 13) per illustrare le sue idee sul punto come forma geometrica (Fig.39).

Una fotografia dello stesso ammasso stellare, scattata sul

Monte Wilson, è stata mostrata dal cubista e storico dell'arte francese Amédée Ozenfant nel suo studio “*Foundations of Modern Art*”¹¹⁵ (1931). Per rafforzare le sue idee un po' enigmatiche, aveva attinto a un'ampia gamma di usi fotografici, compreso quello scientifico.

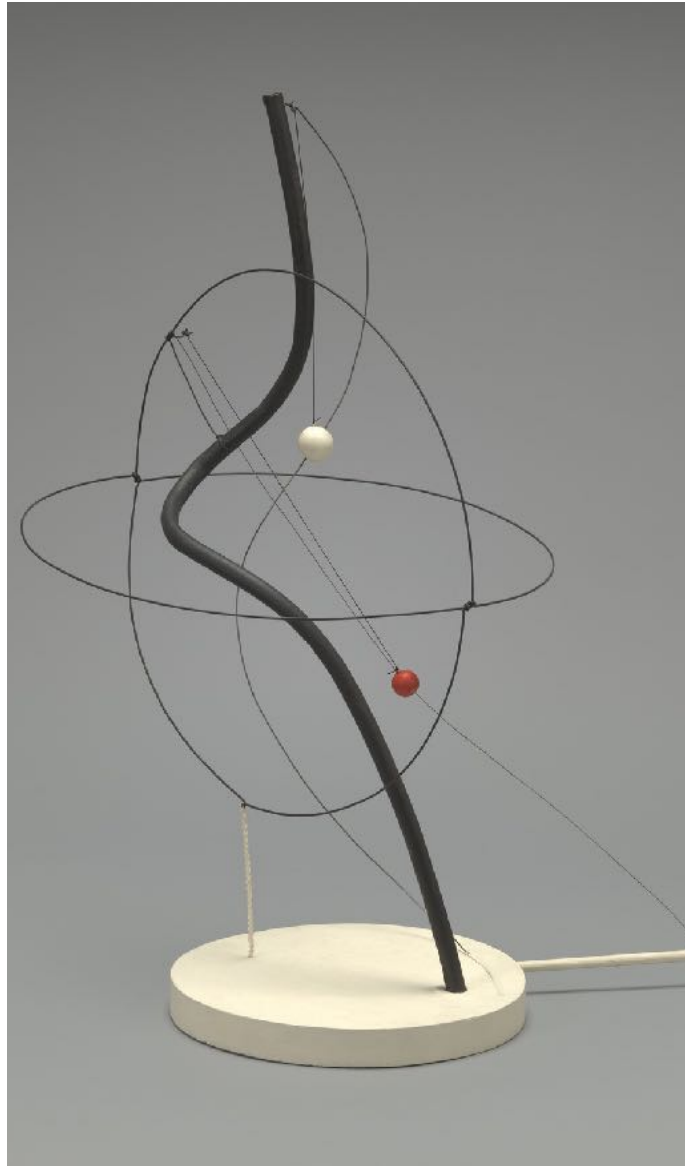


Fig.38 Alexander Calder, *A universe*, 1934.

¹¹⁴ Wassily Kandinsky, *Punto, linea, superficie: contributo all'analisi degli elementi pittorici*, 1926

¹¹⁵ Amédée Ozenfant, *Foundations of modern art*, 1931



Fig.39 Bart Delsaert, *Messier 13 (M13)*, 2018

Il lettore può vedere la Luna, Saturno e la Nebulosa Andromeda fotografati a Yerkes nel 1901.

"Si dica di sfuggita", scrisse Ozenfant, "Andromeda: centinaia di migliaia di milioni di volte più grande della terra. L'uomo è più vicino all'atomo che alla stella. 10^{27} atomi compongono il suo corpo. 10^{28} corpi umani fornirebbero il materiale per costruire un stella. È studiando le stelle che abbiamo potuto concepire la struttura degli atomi"¹¹⁶.

Se le fotografie astronomiche dovessero essere classificate in generi storico-artistici, allora le fotografie grafiche del Cassini Orbiter potrebbero essere collocate nel dominio dei costruttivisti e suprematisti russi del periodo 1913-1921.

¹¹⁶ S. Asser, H. Henrichs, *First light: photography & astronomy*, Architectura & Natura, 2010, p. 116

Artisti come El Lissitzky¹¹⁷ e Kasimir Malevich¹¹⁸ si sono limitati, nei loro dipinti e installazioni, a composizioni costituite esclusivamente da forme geometriche in cui si sono astenuti da qualsiasi forma di espressione personale.

Nelle fotografie di Saturno, anche il pianeta è ridotto a un gioco di pure forme rotonde, piani, linee e diagonali.

Considerate in questo modo, queste fotografie degli anni '20 avrebbero potuto servire anche come esempio della Nuova Oggettività.

Di natura più classica sono le fotografie della Luna scattate dagli astronauti dell'Apollo e le fotografie dei robot marziani Viking Spirit, Opportunity e Phoenix.

Sono fotografie documentaristiche di paesaggio in senso puro; hanno un significato speciale nella fotografia astronomica, essendo le uniche immagini che mostrano come appare il corpo celeste dalla prospettiva della sua superficie reale.

Le spettacolari fotografie rese pubbliche dai maggiori telescopi spaziali mirano ad affascinare lo spettatore, proprio come tentavano di fare gli artisti dell'età del Romanticismo.

Oggi lo spettatore, abituato com'è al cinema e alla televisione, si lascia infatti sopraffare visivamente.

Se però guardiano ai dati non elaborati o "grezzi" di Hubble, vedremo a malapena alcun dettaglio o contrasto.

Il modo in cui queste informazioni vengono assemblate successivamente, consiste in un calcolato lavoro di squadra tra astronomi ed elaboratori di immagini, e può infatti essere paragonato ai già citati rapporti ottocenteschi tra l'astronomo e l'incisore.

Quando il telescopio spaziale Hubble fu lanciato nel 1990, il suo "successo estetico" non era stato previsto. L'obiettivo principale era raccogliere informazioni scientifiche.

¹¹⁷ Lazar Markovich Lissitzky (1890 - 1941), noto come El Lissitzky, fu un artista, designer, fotografo, tipografo, polemista e architetto russo. Era una figura importante dell'avanguardia russa, aiutò a sviluppare il suprematismo insieme al suo mentore, Kazimir Malevich, progettando numerose mostre e opere di propaganda per l'Unione Sovietica.

¹¹⁸ Kazimir Severinovich Malevich (1879 - 1935) è stato un artista d'avanguardia e teorico dell'arte russo, fu un pioniere dell'astrattismo geometrico e delle avanguardie russe.

Il fenomenale successo pubblicitario della fotografia "I pilastri della creazione", del 1995, e il sostegno che l'immagine ha generato per il telescopio in tutto il mondo, hanno portato a una politica pubblicitaria ancora più solida.

Ad esempio, all'Hubble Heritage Team, che esplora e sfrutta il potenziale estetico dei dati di Hubble, fu concesso il "tempo di osservazione".

L' Hubble Heritage Project fu fondato nel 1998 da Keith Noll, Howard Bond, Forrest Hamilton, Anne Kinney e Zoltan Levay presso lo Space Telescope Science Institute. Il team rilasciò, su base quasi mensile, immagini di oggetti celesti come pianeti, stelle, galassie e ammassi di galassie .

Il team di astronomi e specialisti dell'elaborazione delle immagini selezionava immagini dall'archivio dati pubblico del telescopio spaziale Hubble e pianificava nuove osservazioni con l'obiettivo di produrre immagini a colori di grande impatto estetico che preservassero l'integrità scientifica dei dati.

Il progetto fu riconosciuto per il suo contributo nella produzione di alcune delle immagini esteticamente più piacevoli mai prodotte in astronomia.

Normalmente, la possibilità di ottenere del "tempo di osservazione" viene riservata ai soli ricercatori, ma poiché questi si occupano solo di risultati scientifici, a volte possono mancare i dati necessari per perfezionare una fotografia pubblicitaria.

Questo progetto si concluse nel 2016. Una recente ricerca della storica dell'arte americana Elizabeth Kessler, dell'Università di Chicago, mostra che l'Hubble Heritage Team optava decisamente, in collaborazione con gli astronomi, per determinati colori e contrasti durante l'elaborazione dell'immagine.

Osservando le immagini di nebulose fornite dal telescopio con gli occhi di una storica dell'arte, la Kessler vi scorge un riferimento ai grandi paesaggi del vecchio West americano dipinto, alla fine dell'Ottocento, sulle tele romantiche dei paesaggisti americani come Albert Bierstadt¹¹⁹ e Thomas Moran¹²⁰.

¹¹⁹ Albert Bierstadt (1830 – 1902) è stato un pittore tedesco-americano noto per i suoi paesaggi sontuosi e ampi del West americano. Si è unito a diversi viaggi dell'Espansione verso Ovest per dipingere le scene.

¹²⁰ Thomas Moran (1837 – 1926) è stato un pittore e incisore americano della Hudson River School di New York il cui lavoro spesso presentava le Montagne Rocciose .



Fig.40 NASA, ESA/Hubble and the Hubble Heritage Team, *Pillars of Creation*, 2015

Tutto questo potrebbe riflettere l'origine americana del telescopio.

Queste rappresentazioni del Grand Canyon o della Monument Valley erano parte di una nobile tradizione. Gli artisti infatti accompagnavano le spedizioni nel West per cogliere la meraviglia della natura nella nuova frontiera.

Da un punto di vista tecnico, i gestori di Hubble, prendono tre diverse versioni filtrate dei dati grezzi dell'immagine, in differenti bande di colore, ne eliminano i difetti o le distorsioni e poi vi introducono i colori scelti per la rappresentazione fotografica.

Tutto questo richiede abilità e senso estetico.

Un esempio molto significativo è la Nebulosa dell'Aquila, immagine di Hubble famosa per una duplice ragione (Fig.40).

Scattata per la prima volta nel 1995, questa fotografia è ritenuta una tra le più iconiche.

Situati nella “Nebulosa dell’Aquila” a circa 6500 anni luce di distanza dalla terra, queste colossali formazioni verticali di gas interstellare e polveri hanno 200 volte la massa del Sole. Sono denominate “Pilastrini della creazione” in virtù del fatto che al loro interno, in corrispondenza delle aree oscure, si ritiene avvenga la formazione di nuove stelle (protostelle) e dunque di nuovi pianeti.



Fig.41 Thomas Moran, *Rupi dell’alto corso del fiume Colorado*, 1882

Inoltre l’immagine in sé è strutturata in modo inatteso. In questo caso la Kessler fa riferimento al quadro di Thomas Moran “*Rupi dell’alto corso del fiume Colorado*”, dipinto nel 1882 (Fig.41).

La raffigurazione della nebulosa dell’Aquila potrebbe essere orientata indifferentemente in su o in giù, tuttavia il modo in cui è stata realizzata e i colori utilizzati ricordano questi paesaggi del West che attirano lo sguardo dello spettatore verso i picchi maestosi e luminosi.

Le immagini di Hubble sono spettacolari e vengono create con tecniche raffinate in modo da essere precise dal punto di vista scientifico e contemporaneamente apparire bellissime.

3.4 Thomas Ruff: “Stars”. Come fotografie scientifiche posso diventare arte

Nato nel 1958, Thomas Ruff è un fotografo tedesco, che vive e lavora a Dusseldorf.

All'età di 16 anni ricevette la sua prima macchina fotografica e iniziò a sperimentare diverse tecniche dopo aver seguito un corso base.

Dagli anni '90 Ruff è stato una figura di spicco nell'arte contemporanea per l'esplorazione del mezzo fotografico e del suo potenziale.

A partire dalla rinomata serie di "*Ritratti*", rigorosi ritratti di dimensioni monumentali, in cui viene negato qualsiasi approccio "psicologizzante" all'immagine, la sua produzione artistica ha poi abbracciato diverse categorie di immagini: dal nudo al puro astratto, dai corpi celesti alle superfici extra-terrestri, dagli interni all'architettura.

Questa varietà di temi si riflette nella gamma di tecniche adottate: immagini analogiche e digitali, immagini generate al computer, fotografie d'archivio e immagini manipolate da giornali, riviste e Internet.

Ruff non fotografa la realtà, al contrario, ritrae le realtà e le possibilità della fotografia.

Tra il 1977 e il 1985, Ruff studiò fotografia all'Accademia di Belle Arti di Düsseldorf, con Bernd e Hilla Becher¹²¹.

Il trattamento della fotografia da parte dei Becher come un archivio aperto divenne una struttura di fondo per il giovane artista, così come per i suoi compagni di classe.

¹²¹ Bernhard " Bernd " Becher (1931 - 2007), e Hilla Becher (1934 - 2015), erano artisti concettuali e fotografi tedeschi che lavoravano come un duo. Sono meglio conosciuti per la loro vasta serie di immagini fotografiche di edifici e strutture industriali, spesso organizzate in griglie. Come fondatori di quella che è diventata nota come la "scuola Becher" o la "Scuola di Düsseldorf", hanno influenzato generazioni di fotografi e artisti documentaristi.

Ruff salì alla ribalta internazionale alla fine degli anni '80 insieme ai suoi compagni che avevano studiato con Bernd e Hilla Becher, noti per il loro approccio sperimentale al mezzo e le sue capacità tecnologiche in evoluzione.

Ruff, tuttavia, ruppe radicalmente con lo stile dei suoi insegnanti, stabilendo un approccio distinto alla fotografia concettuale attraverso una varietà di strategie, tra cui l'uso del colore, la manipolazione mirata delle immagini originarie, inizialmente attraverso tecniche di ritocco manuale e infine attraverso metodi digitali, e l'ingrandimento della stampa fotografica alla scala della pittura monumentale.

Utilizza varie tecniche fotografiche per mostrare la vastità dei suoi temi e soggetti impiegando esposizioni digitali e analogiche, immagini generate al computer, foto da archivi metodici e immagini da Internet e pubblicazioni.

Creò la sua prima serie di fotografie mentre era ancora studente alla Kunstakademie Düsseldorf.

“Interieurs” (1979-83) cattura i dettagli delle case dei parenti e conoscenti del fotografo. Queste sono immagini sobrie e non sentimentali, eppure hanno un'intensità quasi inquietante.

La sua seconda serie, è la sua serie più conosciuta che già abbiamo citato: *“Ritratti”* (1981-87), un gruppo di fotografie di grande formato che mostrano i volti inespressivi dei suoi amici.

Fu una svolta cruciale per l'artista, assicurando la sua posizione nel panorama dell'arte contemporanea.

Incorniciate come una foto tessera o una foto segnaletica su uno sfondo semplice, le immagini insolitamente sovradimensionate portano il genere della fotografia di ritratto a un estremo sovversivo.

Sebbene la serialità concreta di queste opere riecheggi le "tipologie" di reliquie industriali di Bechers, la loro scala sovrumana sconvolge lo spettatore.

I primi ritratti di Ruff erano su piccola scala e in bianco e nero, ma presto portò il colore usando una serie di sfumature per gli sfondi delle sue foto. I ritratti che realizza sono costituiti da soggetti con espressioni prive di emozioni con uno sfondo a tinta unita.

Nel 1986 iniziò infatti a stampare foto su larga scala, realizzando infine immagini di dimensioni 210 x 165 cm. A partire dal 1987, iniziò a ingrandire la vista frontale dei soggetti in proporzioni colossali.

Per questi ritratti, che realizzò dal 1986 al 1991, si rese poi conto che l'uso dei colori era troppo dominante, quindi optò per sfondi neutri e chiari.

Le immagini di Ruff sono in qualche modo simili a quelle che scatta la polizia una volta catturato un colpevole. Iniziò quindi a sperimentare con i ritratti che realizzava, univa le fattezze di donne e uomini arrivando a creare una serie intitolata “*Anderes Portrait*” .

Utilizza strumenti di editing digitale per eliminare i dettagli che ostacolano i ritratti, un metodo abituale utilizzato da molti fotografi che conferisce grande valore alle foto.



Fig.42 Thomas Ruff, “*Sterne*”

Queste sue prime serie sono state seguite, nel 1989, da immagini del cielo notturno, che portarono alla realizzazione di “*Sterne*” (“Stars”), serie che ho reputato utile approfondire quale perfetto esempio di collaborazione tra arte e scienza (Fig.42).

Thomas Ruff ebbe sempre un grande interesse verso le stelle e il cielo, che provò a fotografare più volte senza purtroppo aver successo.

Quest’opera, nata negli anni’80, nasce dalla sua volontà di catturare ciò che vedeva nel cielo notturno. Spinto dalla volontà di catturare in modo permanente il cielo stellato, utilizzò una strategia artistica di appropriazione degli archivi.

Finì infatti per servirsi di immagini preesistenti del cielo notturno per creare le sue opere.

Le immagini che recuperò provenivano dai negativi delle fotografie d'archivio ottenute dall'ESO o Osservatorio europeo meridionale nelle Ande in Cile.

Durante gli anni '70 e '80, l'ESO collaborò con l'Australian Southern Observatory su varie ricognizioni del cielo nell'emisfero australe e pubblicò, nel 1977, l'ESO/SERC “*Atlas of the Southern Sky*”.

Come la maggior parte delle fotografie astronomiche, questi atlanti stellari fotografici vengono studiati dagli scienziati sotto forma di negativo.

La stampa comporta un lavoro extra, che non è necessario per interpretare le lastre e raccogliere informazioni su posizioni e grandezze.

Le stampe di solito servono solo a scopi pubblicitari.

Poiché lo stesso Ruff non era riuscito a realizzare fotografie adeguate del cielo notturno, scelse, tra gli oltre 1200 negativi originali dell’ESO, che misuravano ca. 35 x 35 cm, particolari che stampò successivamente su un formato di 260 x 188 cm.

In questo modo poté comunque creare l'immagine del cielo che aveva sognato come artista.

Mentre il negativo originale trasmette una visione astratta e distante dell'universo, le gigantesche fotografie di Ruff forniscono un senso di come il cielo notturno viene percepito dalla terra.

In quest’opera utilizzò un sistema di classificazione auto-inventato, classificando le immagini in stelle in primo piano, sullo sfondo, galassie o Via Lattea.

Assegnò poi a ciascuna immagine un titolo corrispondente alle coordinate astronomiche della stella, che sarebbero risultate molto importanti e interessanti per gli astronomi professionisti (Fig.43).

Le opere mostrano quindi stelle in primo piano o sullo sfondo, oggetti interstellari o la Via Lattea. Ciò che la telecamera del telescopio ha catturato non è altro che la luce di quelle stelle, che ad alcuni osservatori potrebbero semplicemente sembrare punti bianchi su uno sfondo nero senza particolare interesse.

Questa serie di fotografie mostra come l'arte non abbia confini definiti, si può combinare con la scienza moderna per produrre lavori meravigliosi.

Per riuscirci tuttavia bisogna essere in grado di creare il giusto mix.

“*Stars*” è un eccezionale set di fotografie con un tocco scientifico. Se non si sapesse che sono fotografie potrebbero essere tranquillamente scambiate per dei dipinti.

Ruff con questo lavoro ci mostra come l'appropriazione artistica possa, a volte, essere molto valida.



Fig.43 Thomas Ruff, *Sterne (Stars) 16h 30m/-50°*, 1989

Le opere ritraggono luce e tempo, due elementi essenziali sia per la fotografia che per la scienza.

Non si limitò a riutilizzare le fotografie esistenti, con occhio attento selezionò le immagini migliori, le ritagliò e modificò in modo che non fossero semplicemente romantiche ma anche contemplative.

Uno sguardo superficiale, tuttavia, vedrà non più di uno sfondo scuro con puntini bianchi, ma un artista sarà in grado di trovare, nella precisione e nella quantità di luce, la perfezione dell'immagine.

Osservare le stelle spesso ci conduce in un abisso infinito di pensieri e quest'opera non è altro che guardare le stelle.

Queste immagini ci fanno sentire come se stessi viaggiando nello spazio dove non esistono restrizioni di tempo.

“*Stars*” porta la fotografia in un regno astratto. Il lavoro di Ruff è quanto di più neutro si possa ottenere, sebbene presenti dettagli intricati a livello micro e macro che lasciano sbalorditi.

Queste immagini spostano l'attenzione dalla bellezza alla semplicità della composizione (Fig.44).

Ruff voleva creare qualcosa privo di emozioni ed empatia, immagini che fossero assolutamente neutre, qualcosa di completamente obiettivo.

Voleva lavorare sulla distanza e sulle tecniche di ritocco, e il suo soggetto doveva semplicemente “*essere*”.

Non c'è altro significato, nessun pensiero emotivo o messaggio nascosto, ma il soggetto stesso. In questo caso, il soggetto è apprezzato e non porta messaggi nascosti o idee di provocazione. Ritengo che questo sia il punto di forza dell'opera, apprezzare qualcosa per quello che è, ammirandone la semplicità.



Fig.44 Thomas Ruff, *Sterne (Stars) 1h 55m/-30°*, 1989

Conclusione

A conclusione di questo elaborato posso affermare di aver isolato alcuni principi che non conoscevo: arte e scienza sono separate ma spesso in simbiosi, arte e scienza conducono entrambe, se insieme, a idee più profonde anche se meno direttamente tangibili.

Per esempio, l'arte che affronta concetti scientifici come la salute globale, l'incertezza politica e la paura dell'ignoto, può aiutarci a portare nelle case la scienza, ampliandone la conoscenza e alimentando una fede in essa che si estende ben oltre la comunità scientifica.

Mi auguro che questa collaborazione possa gettare luce nella mente di tante persone incerte nelle scelte, affinché aumentino la loro fiducia nella scienza, particolarmente necessaria in questo nostro tempo di pandemia.

Inoltre credo che la cooperazione tra queste due discipline possa portare in futuro alla creazione di nuovi linguaggi, utili per portare avanti collaborazioni e scambi di conoscenze, che ci permetteranno di comprendere sempre meglio il mondo in cui viviamo.

Sappiamo che l'avventura vuol dire incamminarsi su una strada per la prima volta, ma non definitivamente. Così ho cominciato a cercare nel mio studio quello che non conoscevo, affrontando per così dire l'ignoto.

Ho scoperto nuove realtà, nuovi traguardi scientifici e tecnici, nuove idee e modi di fare arte, semplicemente seguendo un interesse, una passione, un richiamo.

Forse questo mio breve elaborato può aver espresso una sua piccola utilità nella mia formazione, cioè stabilito che curiosità in direzioni diverse (lingue orientali, letteratura, fotografia, fisica e scienza in generale) indichino che, anche nel mondo lavorativo, potrei essere versatile e aperta a nuove esperienze, senza il limite della rigidità speculativa.

Elenco immagini

Fig. 1: Maria Sibylla Merian, *Studio di un ragno mangiatore di uccelli con colibrì*, 1705, carta e inchiostro, Copyright The Royal Society, 2018

Fig. 2: Pablo Picasso, *Les demoiselles d'Avignon*, 1907, olio su tela, 243,9 x 233,7 cm, MoMA

Fig. 3: Edward Tufte, *Large outdoor Feynman diagram*, 2012, acciaio inossidabile, 3,3 x 4,9 m, Copyright Edward Tufte

Fig. 4: Danielle Bassett, *Visualizzazioni delle connessioni strutturali del cervello*, University of Pennsylvania

Fig. 5: Harold E. Edgerton, *Hummingbird*, 1947, fotografia, 31.1 x 25.1 cm, National Geographic Magazine

Fig. 6: Etienne-Jules Marey, *"Man running"*, 1880 ca., fotografia, 42.9 x 18.6 cm, New York Public Library

Fig. 7: Large Hadron Collider, CERN di Ginevra

Fig. 8: Semiconductor, *HALO*, 2018, installazione diversi materiali, Audemars Piguet Art Commission

Fig. 9: John William Draper, *Moon*, 1840, dagherrotipo, 8.3 × 7 × 0.5 cm, New York University Archives

Fig. 10: Anna Atkins, *Asplenium ruta muraria*, 1853, cianotipo

Fig. 11: Anna Atkins, *Pteris rotundifolia*, 1853, cianotipo, 25.5 × 20.2 cm, MoMA

Fig. 12: Eadweard Muybridge, *Il cavallo in movimento (Sallie Gardner at a Gallop)*, 1878, fotografia, Library of Congress Prints and Photographs Division

Fig. 13: Wilhelm Conrad Röntgen, radiografia della mano della moglie, 1896, immagine a raggi X

Fig. 14: Henri Becquerel, *Cristallo di sale di uranio*, ca. 1903, fotografia, stampa alla gelatina d'argento, 8,26 x 10,8 cm, Collezione SFMOMA

Fig. 15: Una delle fotografie di Arthur Eddington dell'eclissi del 1919, presentate in un articolo del 1920.

- Fig. 16: Karl Blossfeldt, *Adiantum pedatum*, 1898-1926, fotografia, stampa alla gelatina d'argento, 29,7 × 23,8 cm, MoMA, Collezione Thomas Walther
- Fig. 17: Harold E. Edgerton, *Proiettile attraverso una mela*, 1964, fotografia, Harold Edgerton Archive, MIT
- Fig. 18: Rosalind Franklin, "Foto 51", 1952, immagine di diffrazione a raggi X, King's College di Londra
- Fig. 19: Berenice Abbott, *Studio delle interferenza di due onde*, 1954 ca., fotografia, stampa alla gelatina d'argento, 27 × 31,9 cm, MoMA
- Fig. 20: William Anders, *Earthrise*, 1968, fotografia, National Aeronautics and Space Administration
- Fig. 21: Telescopio spaziale Hubble, *Nebulosa del Granchio*, 1999-2000, NASA-ESA
- Fig. 22: Nasa, "Black Hole", 2019
- Fig. 23: John Ward, microfotografia che mostra una porzione dell'ala di un efemerottero, 1904 ca.
- Fig. 24: Lunik III e Mosaico originale della prima vista del lato opposto della Luna
- Fig. 25: Berenice Abbott, "Physics", 1960, fotografia stroboscopica di una pallina in movimento, stampa alla gelatina d'argento, libro di Fisica
- Fig. 26: Berenice Abbott, "Physics", 1960, cicloide, stampa alla gelatina d'argento, MoCP (Museum of Contemporary Photography), Columbia College Chicago
- Fig. 27: Berenice Abbott, "Soap Bubbles", 1945, fotografia, stampa alla gelatina d'argento, 26,6 × 33,7 cm, MoMA
- Fig. 28: Berenice Abbott, "Japanese Beetle" (*Popillia japonica*), 1948, libro di biologia del liceo
- Fig. 29: Berenice Abbott, "Untitled" (gigant water bug), libro di biologia del liceo
- Fig. 30: Berenice Abbott, "Light Through Prism", 1958-1961, Cambridge, fotografia, stampa alla gelatina d'argento, The Fralin Museum of Art, University of Virginia
- Fig. 31: John Herschel, Nebulosa di Orione, 1847, carta
- Fig. 32: Lewis Morris Rutherford, *The moon*, 1865, fotografia, stampa su carta alluminata, 71 × 45 cm, Collezione di Alexander W. Rutherford

- Fig. 33: James Nasmyth e James Carpenter, fotografia presente in “*La luna: considerata come un pianeta, un mondo e un satellite*”, 1874
- Fig. 34: Andrew Ainslie Common, Nebulosa di Orione, 1883, Normal School of Science (Astronomical Laboratory)
- Fig. 35: E.C.Slipher, una delle prime fotografie a colori di Marte, 1939
- Fig. 36: Foto negativa dell'eclissi solare del 1919 scattata dall'isola di Príncipe.
- Fig. 37: Edwin Hubble, 10 luglio 1923
- Fig. 38: Alexander Calder, *A universe*, 1934, tubo di ferro verniciato, filo di acciaio, motore e legno con spago, 102,9 x 76,2 cm, MoMA, © 2021 Calder Foundation, New York / Artists Rights Society (ARS), New York
- Fig. 39: Bart Delsaert, *Messier 13 (M13)*, 2018
- Fig. 40: NASA, ESA/Hubble and the Hubble Heritage Team, *Pillars of Creation*, 2015,
- Fig. 41: Thomas Moran, *Rupi dell'alto corso del fiume Colorado*, 1882, olio su tela, Smithsonian American Art Museum
- Fig. 42: Thomas Ruff, “*Sterne*”, 1989 ca.
- Fig. 43: Thomas Ruff, *Sterne (Stars) 16h 30m/-50°*, 1989, 75 x 50 cm
- Fig. 44: Thomas Ruff, *Sterne (Stars) 1h 55m/-30°*, 1989

Bibliografia

- Asser, S., *First Light. Photography & Astronomy*, Architectura & Natura, Amsterdam, 2010
- Barrow, J., D., *Le immagini della scienza*, Mondadori, Milano, 2009
- Boncinelli, E., *Vedere il mondo. Cinque lezioni su scienza e fotografia*, Contrasto, Roma, 2019
- Brasch, K., *A Short History of Astrophotography: Part 1*, JRASC, The Royal Astronomical Society of Canada, 2017, <http://adsabs.harvard.edu/pdf/2017JRASC.111...52B>
- Brasch, K., *A Short History of Astrophotography: Part 2*, JRASC, The Royal Astronomical Society of Canada, 2017, <http://adsabs.harvard.edu/pdf/2017JRASC.111...52B>
- Coles, P., *Einstein, Eddington and the 1919 eclipse*, Nature, Vol. 568, pp. 306-307, 2019, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01172-z>
- Elkins, J., *The Domain of Images*, Cornell University Press, New York, 1999
- Elmongi, A. Y. M., *The Relationship between Art, Science, and Technology*, International Journal of Education and Social Science, Vol. 6 No. 5, 2019, https://www.researchgate.net/publication/335828098_The_Relationship_between_Art_Science_and_Technology
- Garfield, E., *Art and Science. Part 1. The Art-Science Connection*, Essays of an Information Scientist: Creativity, Delayed Recognition, and other Essays, Vol. 12, p. 54, 1989, <http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v12p054y1989.pdf>
- Greco, P., *Homo. Arte e scienza*, Di Renzo Editori, Roma, 2020
- Heiferman, M., *Seeing Science. How Photography Reveals the Universe*, Aperture Foundation, New York, 2019
- Impey, C., Jasensky, D., *Visualizing the Universe - The Intersection of Art and Astronomy*, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 18, No 4, (2018), pp. 307-318, [http://maajournal.com/Issues/2018/Vol18-4/38_Impey%20et%20al%2018\(4\).pdf](http://maajournal.com/Issues/2018/Vol18-4/38_Impey%20et%20al%2018(4).pdf)

Kevles, B. H., *The Interplay of Art and Science. Two ways of viewing the world meet in the visual realm*, Scientific American, 2007, <https://www.scientificamerican.com/article/the-interplay-of-art-and-science/>

Kemp, M., *Seen / Unseen. Art, Science, and Intuition from Leonardo to the Hubble Telescope*, Oxford University Press, Oxford, 2006

Kemp, M., *Abbott's absolutes*, Nature, Vol. 391, p. 445, 1998, <https://www.nature.com/articles/35047.pdf>

Kemp, M., *From Science in Art to the Art of Science*, Nature, Vol. 434, pp. 308-309, 2005, <https://www.nature.com/articles/434308a.pdf>

Koek, A., *In/visible: the inside story of the making of Arts at CERN*, Institute of Materials, Minerals and Mining Published by Taylor & Francis on behalf of the Institute, 2017, <http://www.arianekoek.com/files/pdf/arianekoek-0345127001540820675.pdf>

Maruccio, G., *Il complesso intreccio tra scienza ed arte*, Ithaca: Viaggio nella Scienza IV, 2014, http://ithaca.unisalento.it/nr-4_2014/articolo_Iip_03.pdf

Michałowski, S., Smith, G., *Force of nature*, Nature, Vol. 483, p. 156, 2012, <https://www.nature.com/articles/483156a.pdf>

Moriarty, A., *Have Art and Science Been Inseparable Throughout the History of Civilization?*, Widewalls, 2016, <https://www.widewalls.ch/magazine/art-and-science>

O'Reilly, C., *The Physics Photographs of Berenice Abbott*, AAUC/UAAC (Association des universités d'art du Canada / Universities Art Association of Canada), JSTOR, 2016, <https://www.jstor.org/stable/pdf/44011808.pdf?refreqid=excelsior%3A91bc65449535e0759a77f0de881a6d6f>

Phaidon Editors, Malin, D., Murdin, P., *Universe: Exploring the Astronomical World*, Phaidon Press, New York, 2017

Rogers, H. S., *Haciendo visible la ciencia: la fotografía de Berenice Abbott*, Circuloa, <https://circuloa.com/haciendo-visible-la-ciencia-la-fotografia-de-berenice-abbott-por-hannah-star-rogers/>

Santos, S., *Crossing borders: the path of photomicrography towards artistic recognition*, MIDAS, Open Edition Journals, 2015, <https://journals.openedition.org/midas/875>

Stocker, G., Hirsch, A. J., *The Practice of Art and Science*, Hatje Cantz Verlag, Berlino, 2017, <https://archive.aec.at/media/assets/fl16e81c18a70e4259f9fde18c2a59528.pdf>

Wuppuluri, S., Wu, D., *On Art and Science. Tango of an Eternally Inseparable Duo*, Springer Nature Switzerland, Cham (Switzerland), 2019

Wilder, K., *Photography and Science*, Reaction Books Ltd, London, 2009

Zhu, L., Goyal, Y., *Art and science Intersections of art and science through time and paths forward*, EMBO reports, 2018, <https://www.embopress.org/doi/epdf/10.15252/embr.201847061>

Sitografia

<http://seeingscience.umbc.edu/>

<https://mitmuseum.mit.edu/exhibition/berenice-abbott-photography-and-science-essential-unity>

<https://bombmagazine.org/articles/scientific-method-berenice-abbott-at-mit/>

<https://web.archive.org/web/20090110170500/http://encyclopedia.jrank.org/articles/pages/1115/Astrophotography.html>

<http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/08/scienza-e-arte-due-culture-allo-specchio/>

<https://www.ft.com/content/b6ad869e-a8ff-11e5-9700-2b669a5aeb83>

<https://arts.cern/>

<https://www.fotochepassione.com/fotoscienza1.htm>

<https://www.artribune.com/arti-visive/arte-contemporanea/2016/06/arte-cern-intervista-monica-bello/>

<https://artsandculture.google.com/exhibit/space-city-photographs-from-the-museum-of-fine-arts-houston/4AJSEN5A12khIw?hl=it>

<https://www.museedelaphotographie.com/en/exhibitions/100-years-of-astrophotography/>

<https://www.theartstory.org/artist/abbott-berenice/life-and-legacy/>

<https://publicdelivery.org/thomas-ruff-stars/>

<https://www.theartist.me/art/how-are-art-and-science-similar/>