Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Filosofia, Sociologia, Pedagogia e Psicologia Applicata

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Filosofiche

Classe LM-78

Istante del cambiamento e tempo gunky: una possibile soluzione

Relatore:

Prof. Giuseppe Mario Spolaore

Laureando:

Andrea Galeazzo

Matricola n. 2053815

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

INTRODUZIONE

Questo elaborato tratta il problema dell'istante del cambiamento, una difficoltà filosofica che si genera nel momento in cui consideriamo un cambiamento istantaneo, cioè la transizione immediata da uno stato a un altro. L'esempio standard di un cambiamento istantaneo è il passaggio dalla quiete al moto perché la transizione tra i due stati è netta: ad un certo momento un oggetto smette di essere in quiete e inizia ad essere in movimento. Ad un primo sguardo non sembra esserci nulla di strano in questo cambiamento, tuttavia, analizzandolo più attentamente, è possibile accorgersi che non è semplice determinare se, nel momento della transizione, l'oggetto è in moto o in quiete. Il puzzle dell'istante del cambiamento nasce proprio da questa difficoltà. Determinare con precisione in che stato si trova un oggetto nel momento in cui avviene un cambiamento è un compito più spinoso di quanto si possa pensare anche perché si generano facilmente delle contraddizioni. La recente letteratura ha individuato quattro possibili modi di affrontare il problema: sostenere che l'oggetto è solo in movimento, solo in quiete, sia in movimento che in quiete o in nessuno dei due stati. Queste possibili risposte sono mutualmente esclusive e sono tutte fondate sulla concezione classica del tempo secondo la quale esso è composto da infiniti istanti inestesi. L'obiettivo di questo elaborato è evidenziare i limiti di queste soluzioni argomentando che essi sono, in gran parte, legati alla struttura del tempo che viene assunta. Se il problema dipende dall'assunzione di una certa struttura temporale, allora è ragionevole considerare un modello alternativo del tempo. Il continuum sviluppato da Hellman e Shapiro (2013) sarà utilizzato come tale modello. Questa concezione del continuum prende le mosse dalla visione aristotelica della continuità e, come vedremo, permette di offrire una soluzione elegante al problema dell'istante del cambiamento.

Il primo capitolo fornisce un'introduzione al problema e alle diverse concezioni del cambiamento da cui derivano diverse possibili soluzioni. Priest ha formulato con precisione la questione e ha identificato quattro possibili risposte. Nonostante possiamo attribuire la precisa formulazione del puzzle a Priest questo è un problema che era già noto ai greci, anche se in una forma meno precisa. I paradossi del movimento di Zenone possono essere considerati una prima formulazione del problema. Nonostante possano sembrare problemi banali non è così semplice fornire una risposta soddisfacente, e per questo motivo questi paradossi sono stati fonte di discussione per numerosi filosofi. Le risoluzioni proposte per questi problemi sono svariate; in particolare, la fisica matematica moderna è stata in grado di fornire una soluzione soddisfacente dei paradossi di Zenone attraverso la moderna concezione di continuità insieme a strumenti di calcolo più raffinati rispetto a quelli disponibili agli antichi. Tra i diversi paradossi del movimento quello della freccia risulta essere particolarmente importante per la questione dell'istante del cambiamento in quanto si fonda sull'idea che, in un istante temporale, è possibile determinare se un oggetto è in movimento o meno. Questa possibilità è alla base della differenza tra le due concezioni del cambiamento più diffuse: quella dialeteista e quella cinematica. Ognuna di queste concezioni del cambiamento offre un diverso modo di trattare il paradosso della freccia. Analizzare i diversi argomenti utilizzati dagli esponenti di queste concezioni permette di offrire una panoramica sul dibattito contemporaneo oltre che chiarire ulteriormente perché il cambiamento sia qualcosa di così problematico.

Nel secondo capitolo è esposta la soluzione aristotelica dei paradossi di Zenone. Aristotele è stato il primo a formulare una soluzione soddisfacente di questi paradossi; prima dell'arrivo della soluzione moderna dei paradossi quella aristotelica era quella più largamente accettata. La proposta di Aristotele si fonda sulla differenza tra infinito attuale e potenziale e su una concezione alternativa della continuità secondo la quale ogni parte del continuum ha, a sua volta, parti proprie. Attraverso questa concezione di continuità Aristotele è stato in grado di proporre una potenziale soluzione dei paradossi.

Il tema del capitolo terzo si collega direttamente con la concezione aristotelica del continuum. Hellman e Shapiro (2013) propongono un sistema assiomatico che descrive un continuum che condivide alcune caratteristiche con quello aristotelico; in particolare, viene ripresa l'idea che ciò che è continuo non può essere formato da indivisibili il che significa che tutte le parti che lo compongono avranno, a loro volta, parti proprie; così caratterizzato, il continuum è denominato gunky. Il continuum definito attraverso il sistema assiomatico di Hellman e Shapiro (2013) è simile a quello aristotelico ma con delle importanti differenze.

Nel quarto capitolo viene presentato un modo alternativo, basato sul continuum gunky, di trattare il problema dell'istante del cambiamento. Le possibili soluzioni individuate da Priest sono tutte fondate sulla concezione standard del tempo. L'idea è che assumere una diversa struttura temporale ci permetterà di trattare diversamente il problema dell'istante del cambiamento. Utilizzare il continuum di Hellman e Shapiro (2013) come modello del tempo significa rinunciare a pensare gli istanti temporali come parti della linea temporale, dunque, anche l'istante del cambiamento non sarà parte della linea temporale. Una peculiarità del continuum di Hellman e Shapiro (2013) è che esso permette di recuperare i punti e, di conseguenza, gli istanti come una struttura di livello superiore che si può imporre sul continuum gunky; questo significa che gli istanti temporali esistono ma sono solamente astrazioni che noi possiamo individuare a partire dalla struttura temporale di base ma che non fanno in nessun modo parte della linea del tempo.

Modellare il tempo in questo modo ha delle conseguenze sulla nostra concezione di alcuni fenomeni come il moto. Il capitolo quinto prende in considerazione in che modo possiamo rappresentare il moto se assumiamo che spazio e tempo sono gunky. Inoltre, viene anche esplorato come le diverse concezioni del cambiamento influenzano la nostra concezione del moto.

Il capitolo sesto è quello conclusivo nel quale vengono esaminare le ultime questioni riguardanti il continuum gunky. Questo capitolo tratta tre temi principali: la relazione tra topologia e mereologia, i confini e gli eventi. La relazione tra mereologia e topologia viene presa in considerazione perché Hellman e Shapiro (2013), per formalizzare il continuum gunky, assumono nozioni primitive sia mereologiche che topologiche. Dunque, è opportuno determinare con chiarezza in che modo è più opportuno intendere il rapporto tra queste due discipline. I confini e gli eventi giocano un ruolo fondamentale nel modo in cui il continuum gunky ci permette di affrontare il problema dell'istante del cambiamento. A grandi linee, verrà esaminata la concezione dei confini che deriva dall'adottare il continuum gunky insieme alle concezioni degli eventi di Vendler (1957) e Chisholm (1992). Da questa analisi risulterà che esistono sia eventi istantanei che temporalmente estesi e che i primi sono i confini dei secondi; attraverso questa interpretazione degli eventi e dei confini nel continuum gunky sarà possibile trattare efficacemente il problema dell'istante del cambiamento.

Capitolo 1

1.1. L'istante del cambiamento

Il cambiamento è un aspetto della realtà che percepiamo costantemente e sembra qualcosa di ovvio e su cui non è necessario condurre alcun tipo di indagine, tuttavia, se ci domandiamo "che cos'è il cambiamento?" e proviamo a rispondere in modo preciso si aprono una serie di problemi e la risposta diventa tutt'altro che scontata. La filosofia si è interrogata sulla natura del cambiamento creando un dibattito che si è protratto dai tempi antichi alla modernità.

I primi filosofi ad aver affrontato il problema del cambiamento sono stati Parmenide, Zenone e Aristotele. Parmenide, per primo, ha argomentato che il cambiamento non esiste perché il puro ragionamento dimostra l'assurdità del cambiamento e che la realtà non è come la percepiamo con i nostri sensi. Zenone, allievo di Parmenide, ha proposto alcuni paradossi che mostrano l'assurdità del movimento. Aristotele, invece, è stato uno dei maggiori critici di Parmenide e Zenone e ha sostenuto l'esistenza del cambiamento.

Il dibattito antico si è concentrato sul tema dell'esistenza del cambiamento. Il dibattito moderno, invece, nonostante abbia preso alcuni temi da quello antico, ha sviluppato le proprie categorie per affrontare la questione: il problema del cambiamento ha preso la forma di diversi puzzle, tra cui quello dell'*istante del cambiamento*.

Ciò che rende l'istante del cambiamento un problema spinoso è il fatto che, quando consideriamo dei cambiamenti istantanei, si possono facilmente generare delle contraddizioni (Priest 2017). Un cambiamento istantaneo può essere caratterizzato come una tripla $\langle I,\ t,\ \alpha\ \rangle$ dove I è un intervallo di tempo, t è un istante tale che $t \in I$ e α è un enunciato tale che, per ogni $t_1 \in I,\ \alpha$ è vero a t_1 se $t_1 < t$ ed è falso a t_1 se $t_1 > t$ (Priest 2017). Sulla base di questa definizione possiamo identificare il momento t con l'istante del cambiamento. Una prima domanda da porsi è se questi istanti del cambiamento esistano; Priest (2017) risponde affermativamente, tuttavia altri filosofi, come Littmann (2012), argomentano che gli istanti del cambiamento non esistono; rispondere affermativamente o negativamente a questa questione ha un'importante influenza sulla nostra concezione del cambiamento; questo aspetto verrà approfondito nei paragrafi 2.1 e 2.2.

Assumendo che l'istante t del cambiamento esista, una questione cruciale è se α e/o la sua negazione, $\neg\alpha$, siano veri a t. Si possono, quindi, definire quattro tipi di cambiamento:

A) Al momento t solo α è vero.
B) Al momento t solo $\neg\alpha$ è vero.
Γ) Al momento t né α né $\neg\alpha$ sono veri.
Δ) Al momento t sia α che $\neg\alpha$ sono veri.

Si può immediatamente notare una sostanziale differenza tra i primi due tipi di cambiamento e gli ultimi due: i casi A e B si attengono ai principi semantici della logica classica e non hanno nulla di problematico; i tipi Γ e Δ, invece, si mostrano subito problematici perché Γ viola il principio di bivalenza, secondo cui ogni enunciato è o vero o falso (e se è falso, la sua negazione è vera), mentre Δ viola il principio di non contraddizione, secondo cui nessun enunciato è sia vero sia falso.
Possiamo notare un'ulteriore caratteristica dei primi due tipi di cambiamento: essi sono asimmetrici rispetto al momento t. Consideriamo ad esempio il cambiamento di tipo A, in cui solo α è vero a t, e chiediamoci: perché α dovrebbe essere vero a t piuttosto che $\neg\alpha$. Dopotutto, α è un enunciato arbitrario e, almeno in prima battuta, sembra non esserci nessuna ragione specifica per preferirlo rispetto alla sua negazione.
Intuitivamente sembra corretto pensare che ad un istante un enunciato abbia solo un valore di verità ben definito; tuttavia, nel caso del cambiamento, quest'idea è problematica, perché la scelta tra considerare t come l'ultimo momento in cui α è vero o il primo momento in cui $\neg\alpha$ è vero appare arbitraria (Littmann 2012). Analizzando i tipi di cambiamento A e B si comprende perché l'arbitrarietà di questi casi li rende inappropriati per descrivere il cambiamento: nel tipo A, il valore di verità di α è identico a t e ai tempi precedenti a t, e dunque a t il cambiamento non è ancora avvenuto. Un ragionamento simile si può fare per il tipo B: se $\neg\alpha$ è vero a t, allora a t il cambiamento è già avvenuto. Sia lo stato A che lo stato B implicano che il cambiamento non avviene in nessun momento, il che li rende inadeguati a descrivere cosa accade all'istante del cambiamento (Littmann 2012).
I tipi Γ e Δ, stando alle regole logiche classiche, non sono possibili; tuttavia, essi evitano completamente il problema che si presenta nei casi precedenti perché al momento del

cambiamento accade qualcosa di diverso sia dallo stato precedente che da quello successivo a *t*. Il cambiamento di tipo Γ si rivela presto essere inaccettabile perché conduce a conseguenze assurde. Le conseguenze assurde vengono ben evidenziate da un esempio fatto da Priest (2017): consideriamo il momento in cui si passa da Lunedì 1 Novembre a Martedì 2 Novembre; possiamo considerare la mezzanotte come l'istante del cambiamento; se assumiamo che a mezzanotte si verifica un istante del cambiamento di tipo Γ segue che al momento del cambiamento non è Lunedì ma nemmeno non Lunedì; per simmetria non è Martedì ma nemmeno non Martedì, inoltre non può nemmeno essere un altro giorno come, per esempio, Venerdì; possiamo, dunque, concludere che a mezzanotte non è nessuna data e che quindi c'è un *gap* nel tempo tra Lunedì e Martedì (Priest 2017). Questo esempio dimostra che il cambiamento Γ è inaccettabile in quanto è chiaramente inaccettabile che tra un giorno e l'altro della settimana ci sia un istante che non è in nessuna data.

Dunque, Priest (2017) evidenzia che i tipi di cambiamento A, B e Γ sono inadatti per descrivere cosa succede all'istante del cambiamento. A questo punto rimane solamente il cambiamento di tipo Δ. Questo tipo di cambiamento viene preso in considerazione in quanto è l'ultima alternativa rimasta, tuttavia, già ad un primo sguardo, è possibile accorgersi che non si presentano le difficoltà proprie dei casi precedenti: rispetto ai tipi A e B è simmetrico, dunque non sorge il problema dell'arbitrarietà; rispetto al tipo Γ non si pone il problema del *gap* temporale perché nel cambiamento Δ al momento *t* l'enunciato α si trova in uno stato contraddittorio piuttosto che in nessuno stato (Priest 2017).

A questo punto Priest (2017) considera il cambiamento di tipo Δ come il tipo paradigmatico di cambiamento. Questo non significa che tutti i cambiamenti devono essere uguali: non c'è nessuna ragione a priori per supporre che tutti i cambiamenti rientrino nella stessa categoria (Priest 2017). Questo significa che possono esistere ugualmente casi in cui ci sono tipi diversi di cambiamento. Un esempio di un cambiamento di tipo A è il caso di una macchina che inizia a muoversi; per la macchina iniziare a muoversi significa essere stata immobile e, ad un certo momento, non esserlo più; questo significa che nel caso della macchina abbiamo un ultimo momento in cui la macchina e ferma il che è esattamente un cambiamento di tipo A (Priest 2017).

Per argomentare a favore dell'esistenza di cambiamenti del tipo Δ Priest (2017) utilizza una condizione che ricava da un principio già utilizzato in precedenza da Leibniz. Il principio noto a Leibniz e ad altri matematici del suo tempo era "la natura non fa salti"[1]; questo principio, sostanzialmente, dice che qualsiasi cosa sia vero fino ad un limite sarà vero anche a quel limite. Priest (2017) riformula questo principio trasformandolo in quella che chiama *Leibniz Continuity Condition* (LCC) che si applica particolarmente bene al caso del cambiamento nel tempo. La formulazione di Priest (2017) di LCC è la seguente:

> "Un qualsiasi stato di cose che è il caso durante tutti i momenti di un intervallo di tempo sarà vero anche al limite di quei momenti."

Questa condizione legittima l'esistenza di cambiamenti di tipo Δ; se un istante del cambiamento è caratterizzato da due intervalli che si susseguono, in cui sono veri α nel primo e ¬α nel secondo, allora otteniamo che al momento del cambiamento sarà vero $\alpha \land \neg\alpha$ perché possiamo applicare LCC sia all'intervallo precedente che a quello successivo *t* (Priest 2017). È evidente che, seguendo Priest (2017), otteniamo un momento del cambiamento in cui si realizza una contraddizione.

Nonostante possa apparire controintuitivo concepire il cambiamento come qualcosa di contradditorio, in realtà, dice Littmann (2012), se vogliamo sostenere l'esistenza di un istante del cambiamento dobbiamo accettare che esistano contraddizioni vere; se, invece, rifiutiamo l'esistenza di contraddizioni dobbiamo anche rinunciare all'esistenza degli istanti del cambiamento.

In questo paragrafo ho voluto presentare, a grandi linee, la questione dell'istante del cambiamento. I filosofi che hanno preso parte a questo dibattito si sono interrogati sulla natura del cambiamento; poiché il tema centrale del dibattito riguarda lo stato che si crea all'istate del cambiamento, il cambiamento è assunto come esistente in quanto sembra assurdo pensare che esso possa non esistere. Anche se nel dibattito moderno viene data per scontata l'esistenza del cambiamento non si può dire lo stesso per il dibattito che si è svolto nell'antica Grecia, tanto che Parmenide ha portato un argomento sulla non esistenza del cambiamento. L'inesistenza del cambiamento è una conclusione difficile da accettare in quanto tutto ciò che percepiamo della realtà sembra comunicarci il contrario: le stagioni passano, i bambini nascono e crescono, la frutta marcisce. Anche se questa conclusione è molto controintuitiva ciò non ha dissuaso alcuni filosofi dal difenderla.

[1] In latino: "*Natura non facit saltum*".

Zenone ha pensato alcuni paradossi che mettono in discussione l'esistenza del cambiamento; vista la fama che questi paradossi hanno molte soluzioni sono state tentate; tuttavia, una soluzione soddisfacente è stata possibile attraverso la matematica e il calcolo moderno. Nonostante i paradossi di Zenone possano sembrare soltanto degli esercizi di retorica, in realtà pongono dei problemi metafisici di considerevole importanza. La soluzione più diffusa a questi paradossi sfrutta il calcolo moderno e la fisica matematica. Priest, invece, fornisce una soluzione alternativa che si fonda sulla sua concezione dell'istante del cambiamento.

1.2. I paradossi di Zenone e la soluzione standard

I filosofi greci si sono interrogati per primi sul cambiamento. Parmenide, Zenone e Aristotele sono le figure principali di questo dibattito; altri filosofi greci, come Eraclito, hanno espresso alcune idee sul cambiamento. L'obiettivo di questo paragrafo è presentare alcuni dei paradossi di Zenone insieme a quella che viene chiamata *soluzione standard*. Questa è una soluzione dei paradossi che è stata sviluppata nella modernità.

L'approccio moderno non è certamente l'unico e nemmeno il primo ad essere stato formulato. Aristotele, infatti, è stato il primo a proporre una soluzione soddisfacente di questi paradossi. La soluzione aristotelica è molto diversa da quella moderna: la soluzione standard si appoggia su alcuni strumenti di calcolo moderni; la soluzione aristotelica, invece, mira a dimostrare che alcune assunzioni fatte da Zenone sono errate (Dowden). Attraverso la critica di queste assunzioni Aristotele sviluppa una concezione peculiare che vorrei analizzare successivamente.

I paradossi di Zenone sono molto conosciuti e sono molteplici; in particolare, alcuni di questi riguardo direttamente il movimento. Il pensiero di Zenone ci è giunto solamente attraverso fonti indirette; dunque, non ci è giunto alcun testo scritto direttamente da lui; diversi filosofi, tra cui Platone e Aristotele, hanno riportato nei loro scritti questi paradossi (Dowden). Dal momento che non abbiamo una fonte diretta questi paradossi sono spesso parafrasati o riportati in modo non esaustivo (Dowden). Per questo motivo alcuni aspetti di questi paradossi posso risultare incerti. Per gli scopi di questo elaborato non è necessario ricostruire con precisione il pensiero di Zenone; ciò che è, invece, utile è considerare questi paradossi come dei puzzle che sollevano alcune questioni di carattere metafisico sul movimento (Hugget 2019, Dowden).

I paradossi di Zenone che prenderò in considerazione sono tre: il paradosso della *Dicotomia*, di *Achille e la Tartaruga* e della *Freccia*. Il paradosso della Dicotomia viene chiamato così in virtù del fatto che nasce dal dividere ripetutamente in due una distanza (Hugget 2019). Per generare questo paradosso possiamo ragionare in questo modo: consideriamo un corridore che deve percorrere la distanza tra la partenza e il traguardo; per raggiungere il traguardo è necessario che il corridore percorra 1/2 della strada che possiamo identificare con A; successivamente dovrà continuare a correre e percorrerà 1/2 della strada tra il punto A e il traguardo arrivando al punto B e poi nuovamente 1/2 della

distanza tra il punto B e il traguardo per arrivare al punto C. Questo processo può essere protratto all'infinito. Zenone conclude che il corridore non raggiunge mai il traguardo perché una somma infinita di distanze finite è anche essa infinita ed è impossibile per il corridore percorrere una distanza infinita (Dowden). Da un punto di vista prettamente temporale il corridore impiega un tempo infinito per raggiungere il traguardo (Bardon 2013). Il paradosso può anche essere generato ragionando in modo diverso: il corridore deve arrivare a 1/2 della distanza dal traguardo ma prima di ciò deve percorrere 1/4 della distanza totale e prima ancora 1/8 (Hugget 2019). È possibile rintracciare una piccola differenza tra le due formulazioni: nel primo caso il corridore non compie mai l'ultimo passo verso il traguardo mentre nella seconda non compie mai il primo passo. Nella seconda formulazione il corridore non compie mai il primo passo perché in questo caso il problema è determinare la prima distanza che il corridore percorre; per iniziare a muoversi il corridore deve effettuare un primo passo ma, dal momento che il percorso può essere diviso infinitamente, il primo passo del corridore dovrebbe percorrere una distanza che tende a zero, che equivale a rimanere immobile, e per questo non riesce mai ad iniziare il movimento (Dowden).
Il secondo paradosso è quello di Achille e la tartaruga. In una certa misura questo paradosso è simile al precedente. Consideriamo una gara tra Achille e una tartaruga in cui Achille parte dal punto A mentre la tartaruga, avvantaggiata a causa della sua lentezza, parte da un punto B più avanzato di A. Al momento della partenza entrambi cominciano a muoversi; nel tempo in cui Achille raggiunge il punto B la tartaruga si sarà mossa e avrà raggiunto un punto C; successivamente, nel tempo che Achille impiega per raggiungere C la tartaruga avrà raggiunto D; questo ragionamento può, nuovamente, essere ripetuto all'infinito. Il problema che si presenta è uguale a quello del paradosso precedente: Achille si trova a dover percorrere una somma infinita di distanze finite; siccome ognuna di queste distante richiede un tempo finito per essere percorsa allora significa che Achille non può mai raggiungere la tartaruga (Bardon 2013, Hugget 2019, Dowden).
L'ultimo paradosso che voglio presentare è quello della freccia. Consideriamo una freccia che è stata lanciata verso un bersaglio. Per comprendere questo paradosso, occorre precisare che qui il tempo è assunto come formato da istanti, che sono l'equivalente di periodi di durata zero (Hugget 2019, Dowden). Il paradosso nasce dal fatto che ad ogni istante la freccia occupa uno spazio uguale a sé stessa il che equivale a trovarsi nel punto

in cui si trova. Inoltre, gli istanti hanno durata zero e non è possibile percorrere alcuno spazio in una durata nulla. Da queste considerazioni segue che la freccia è immobile ad ogni istante del suo percorso verso il bersaglio ma, se è immobile in ogni momento, allora non c'è movimento. Questo paradosso risulta particolarmente interessante nei confronti del tema dell'istante del cambiamento in quando si basa sull'assunzione che in un istante di durata nulla non può esserci movimento.

La soluzione standard è la soluzione moderna dei paradossi; gli strumenti principali che questa soluzione utilizza sono la fisica matematica e il calcolo. Al tempo di Zenone il calcolo non si era ancora sviluppato in modo rigoroso. Newton e Leibniz sono stati i primi a sviluppare il calcolo che, per loro, era una tecnica per trattare il movimento continuo (Dowden). Dunque, il calcolo, durante il 1600, diventa uno strumento che ci permette di trattare in modo matematico fenomeni fisici. L'idea che poi è stata sviluppata è che il movimento dovesse venire rappresentato attraverso una funzione continua che, come input, prende numeri reali rappresentati il tempo e, come output, ci fornisce un numero reale rappresentate lo spazio percorso (Dowden).

Perché sia possibile utilizzare in modo appropriato questa funzione è necessario che il concetto di continuo venga definito in modo rigoroso. Il concetto di *continuum* è stato reso preciso soltanto verso la seconda metà del 1800 da Richard Dedekind (Bell 2022). Intuitivamente qualcosa è continuo se non presenta "rotture" o *gap* al suo interno. La rappresentazione standard del continuum composto da punti è la struttura dei numeri reali (Dowden). Il concetto di continuum diventa di fondamentale importanza in quanto ci permette di trattare entità fisiche, che pensiamo siano continue, con gli strumenti propri del calcolo.

Lo sviluppo del continuum ha reso possibile determinare che alcune serie, come quelle che si presentano nei paradossi di Zenone, in realtà convergono, cioè hanno come risultato un numero finito (Dowden). Nei paradossi della Dicotomia e di Achille e la tartaruga possiamo individuare delle serie infinite di somme $({}^{1}/_{2} + {}^{1}/_{4} + {}^{1}/_{8} + \cdots)$; queste serie convergono, dunque hanno come risultato un numero finito. Questo ci permette di concludere che sia Achille che il corridore raggiungono il proprio obiettivo.

Considerando il percorso del corridore o di Achille come un continuum lineare e sapendo che la serie di somme che si presenta in questi paradossi $({}^{1}/_{2} + {}^{1}/_{4} + {}^{1}/_{8} + \cdots)$

converge è possibile concludere che, in realtà, Achille e il corridore percorrono uno spazio finito (Dowden).

L'errore che ha commesso Zenone è quello di non essere stato in grado di concepire il tempo e il percorso di Achille e del corridore come un continuum (Dowden). In sostanza, per la soluzione standard, Zenone ha assunto correttamente che Achille o il corridore, per arrivare al loro obiettivo, percorrono un'infinità di punti; l'errore è un errore di calcolo dovuto al fatto che il concetto di continuum non era ancora stato sviluppato correttamente.

I paradossi della Dicotomia e di Achille e la Tartaruga vengono efficacemente risolti dal momento in cui possiamo riconoscere le serie convergenti e il loro funzionamento. Il paradosso della freccia, invece, dal momento che è posto in modo differente e che non coinvolge serie infinite necessita di una soluzione differente. Per risolvere questo paradosso, è necessario ricorrere alla teoria moderna della velocità (Dowden). Secondo questa teoria il movimento consiste semplicemente nel trovarsi in luoghi diversi in momenti diversi; dunque, essere in movimento è qualcosa che non è determinabile in un istante singolo ma solo nella relazione tra momenti differenti (Dowden). Zenone era legittimato a trarre la conclusione che la freccia è immobile ad ogni istante perché considerava il moto come qualcosa che poteva essere determinato in un istante (Dowden).

Se nei due paradossi precedenti il problema sembra essere effettivamente di calcolo, nel paradosso della freccia l'errore di Zenone sembra, piuttosto, un errore metafisico sulla natura del movimento.

Riassumendo, i paradossi di Zenone sono stati in grado di mettere in dubbio la legittimità di una cosa scontata come il movimento. Questi paradossi hanno costituito un rompicapo per molti filosofi; con la fisica matematica moderna è stato possibile offrire una soluzione soddisfacente. Dei tre paradossi che ho presentato quelli di Achille e la Tartaruga e della Dicotomia sembrano essere quelli meno problematici in quanto vengono risolti senza problemi una volta che conosciamo il funzionamento delle serie convergenti. Il paradosso della Freccia, invece, necessita di un approccio differente; questo, in particolare, apre una questione di fondamentale importanza: il cambiamento è qualcosa che si dà in un solo istante oppure può darsi soltanto nella relazione tra due istanti distinti? Nel dibattito moderno sul cambiamento è possibile rintracciare due maggiori posizioni che argomentano in favore di una o dell'altra idea. Nel paragrafo successivo prenderò in esame queste due posizioni.

1.3. Visione cinematica e visione dialeteista del cambiamento

All'interno del dibattito moderno sul cambiamento esistono diverse correnti; tra le più influenti troviamo la visione cinematica e la visione dialeteista del cambiamento. Queste due concezioni ci forniscono due diverse prospettive metafisiche sul cambiamento: la visione cinematica lo descrive come *estrinseco* mente quella dialeteista come *intriseco* (Mortensen 2020).

La visione del cambiamento più diffusa è quella *cinematica*; con questo non si intende che sia quella maggiormente adottata dai filosofi ma che è la *received view* (Priest 1985). L'idea fondamentale su cui poggia questa concezione è che il cambiamento consiste semplicemente nell'avere proprietà diverse in tempi diversi; così compreso, il cambiamento avviene *nel tempo* e non *in un istante* (Pickup 2022). Questa idea, applicata al movimento, permette di formulare quella che possiamo denominare "at-at theory of motion". L'at-at theory of motion dice che un oggetto si muove se occupa spazi diversi in momenti diversi (Dowden); considerati due momenti t e t_1 tali che t precede t_1, un oggetto è in movimento se si trova nel luogo A nel momento t e nel luogo B nel momento t_1, con $A \neq B$. Priest (1985) attribuisce a Russel la prima formulazione rigorosa del movimento in questi termini.

Il movimento, così concepito, è *estrinseco*; questo termine si riferisce al fatto che, stando alla visione cinematica, il movimento, e in generale il cambiamento, è una questione di relazione tra due istanti diversi (Mortensen 2020).

Riassumendo, secondo la visione cinematica, per determinare se un oggetto X passa da essere F ad essere $\neg F$ dobbiamo considerare due istanti distinti. Da questo segue che dovrebbe esistere, rispettivamente, un ultimo istante in cui l'oggetto è F e un primo istante in cui è $\neg F$ (Pickup 2022). Nel caso in cui volessimo catturare precisamente il passaggio da uno stato all'altro questi due istanti dovrebbero essere adiacenti; tuttavia, questo crea alcuni problemi nel momento in cui assumiamo che il tempo sia continuo e tale è solitamente considerato (Pickup 2022).

La continuità risulta problematica perché implica la densità ed è proprio questa proprietà a causare problemi. Se consideriamo una retta composta da punti essa è densa se per ogni due punti ne esiste un terzo che è in mezzo tra gli altri due. Introducendo la differenza tra intervallo topologicamente *aperto* e *chiuso* possiamo individuare precisamente il problema. Un intervallo è detto topologicamente aperto se non contiene nessun punto limite; un intervallo è detto topologicamente chiuso se contiene tutti i suoi punti limite. Esistono anche intervalli detti mezzi-aperti, cioè, che contengono solamente uno dei loro punti limite; questi intervalli risulteranno aperti a destra o a sinistra in relazione a dove si trova il loro punto limite. Se noi prendiamo un punto arbitrario O lungo la retta avremo, a sinistra di O, un intervallo mezzo-aperto verso sinistra e con punto limite O; a destra di O, invece, avremo un intervallo aperto. La divisione della retta risulta tale a causa della densità: dal momento che i punti della retta sono densi non esistono due punti adiacenti tra loro e, dunque, non possono esistere nemmeno due intervalli semi-aperti i cui punti limite sono adiacenti. Inoltre, è necessario precisare che nulla ci vieta di assumere che l'intervallo semi-aperto si trovi a destra di O piuttosto che a sinistra.

Dal momento che una retta continua può essere divisa solamente in questo modo la visione cinematica va incontro ad un problema: se assumiamo che il tempo si comporti come una retta allora non possono esistere due intervalli mezzi-aperti i cui punti limite sono adiacenti; se non possono esistere intervalli i cui punti limite sono adiacenti allora non possiamo individuare due istanti adiacenti tali che questi catturino il cambiamento; in particolare non possono esistere due periodi temporali adiacenti tali che uno contiene l'ultimo momento in cui l'oggetto è F e l'altro che contiene il primo momento in cui è $\neg F$. Per questo motivo saremo costretti a decidere se assumere un ultimo istante in cui l'oggetto è F oppure un primo istante in cui è $\neg F$ (Pickup 2022). Questi sono esattamente i tipi di cambiamento asimmetrici individuati da Priest (2017).

Questa è una delle maggiori criticità di questa prospettiva perché decidere a quale intervallo far appartenere il punto limite è arbitrario (Priest 1985, 2017). Priest (1985, 2017) sostiene che esiste un ulteriore problema: sembra perdersi l'idea che il cambiamento sia un genuino flusso. Dal momento che sotto questi punti di vista la visione standard risulta problematica Priest vuole proporre una visione che non presenti le stesse problematicità.

Priest è uno degli esponenti maggiori della visione dialeteista del cambiamento. Questa si fonda su due intuizioni fondamentali: la prima è che è possibile determinare se un oggetto è in movimento o a riposo in un istante; la seconda è che se non esiste alcuno *stato* che indica cambiamento allora questo non esiste (Priest 1985, 2017). Queste due intuizioni sono strettamente legate tra loro: per poter determinare se un oggetto è in movimento ad un istante è necessario che questo si trovi in uno stato di cambiamento in quell'istante. Così descritto il cambiamento è *intrinseco* in quanto è riconoscibile come una disposizione propria di un instante (Priest 2017).

Uno degli obiettivi principali della visione dialeteista è definire il cambiamento ad un istante. Per fare ciò è necessario fare ricorso all'istante del cambiamento. Come evidenziato nel paragrafo 1, viene identificata l'esistenza di quattro tipi di cambiamento identificati da 4 diverse disposizioni che si possono generare al momento *t*: A, B, Γ e Δ. Priest (2017) riconosce Δ come il candidato migliore per definire l'istante del cambiamento perché identifica una caratteristica che distingue l'istante del cambiamento dagli altri. I casi A e B non riescono in questo; al momento *t* sarà il caso, rispettivamente, dello stato prima di *t*, nel caso A, oppure di quello dopo *t*, nel caso B; dunque, non viene associata nessuna caratteristica all'istante *t* tale da renderlo diverso dallo stato precedente o da quello successivo *t* (Priest 2017). Nel cambiamento di tipo Δ, invece, al momento *t* si realizza uno stato diverso sia da ciò che viene prima sia da ciò che viene dopo *t* (Priest 2017). Anche il caso Γ identifica una caratteristica propria dell'istante *t*, tuttavia, poiché al momento *t* nessuno dei due stati è vero questo non assicura il passaggio allo stato successivo (Priest 2017). Littmann (2012) ha evidenziato che, per quanto controintuitivo possa sembrare, se non siamo disposti ad accettare l'esistenza di contraddizioni vere allora bisogna rinunciare a credere che esista un istante del cambiamento. Per questo motivo la visione di Priest è una visione dialeteista del cambiamento, in quanto cambiare significa trovarsi in uno stato contradditorio.

L'idea del cambiamento come contradditorio non è un'idea nuova: molti filosofi avevano già tentato di seguire questa strada, due dei quali sono stati Eraclito e Hegel. La riflessione di Hegel sul movimento è ciò da cui Priest prende le mosse per concepire la sua visione intrinseca del cambiamento. Hegel pensava che il movimento fosse una contraddizione realizzata e che esistesse un'effettiva differenza tra un corpo a riposo e uno in movimento (Priest 1985). La proposta hegeliana non nega che il movimento sia anche questione di trovarsi in luoghi diversi in momenti diversi, tuttavia, sostiene che ciò non è sufficiente per determinare se un corpo si trova effettivamente in movimento o meno (Priest 1985). L'idea di Hegel è, sostanzialmente, che un corpo in movimento non è localizzabile: consideriamo un oggetto α in movimento; supponiamo che all'istante *t* α occupi la regione di spazio *x*; consideriamo poi l'istante t_1 successivo a *t* in cui l'oggetto occupa lo spazio

x_1 tale che $x \neq x_1$; supponiamo che t e t_1 siano separati da una quantità di tempo dell'ordine della costante di Planck; in un intervallo così piccolo il corpo non è localizzabile dunque possiamo concludere che α si troverà contemporaneamente nel luogo x e x_1 (Priest 1985). Questo porta Priest a formulare quello che lui chiama *spread hypotesis*:

> "Un corpo non può essere localizzato in un punto che sta occupando ad un istante di tempo, ma solo in quei punti che occupa in un piccolo intorno di quell'istante"[2].

Un oggetto che si trova in questo stato occupa più luoghi contemporaneamente. Da questo segue che l'oggetto in quel momento si trova in uno stato contraddittorio in quanto contemporaneamente si trova e non si trova in quel punto. Appare chiaro che, inteso in questo senso, il movimento, e anche il cambiamento in generale, è identificabile con uno stato cui un oggetto si trova ad un istante.

La visione dialeteista sembra risolvere alcuni dei problemi in cui incorre la visione cinematica. Nonostante ciò, le intuizioni che difende Priest (1985, 2017) possono risultare altrettanto problematiche. In particolare, sembra piuttosto controintuitivo pensare che sia possibile, per un qualsiasi oggetto, muoversi in un istante. Un istante ha durata nulla e, per potersi muovere in una durata nulla, un oggetto dovrebbe avere una velocità infinita; questo, per la teoria della relatività, è impossibile; ciò significa che, per accettare la possibilità che un oggetto possa muoversi in un istante, dovremmo rifiutare la teoria della relatività il che sembra alquanto problematico. Questa breve critica evidenzia come anche le intuizioni che difende Priest nascondano alcuni problemi.

Come ultimo argomento di questo paragrafo vorrei prendere in considerazione il paradosso della freccia di Zenone. È interessante mettere a confronto le due soluzioni che queste concezioni offrono di questo paradosso perché questo riguarda direttamente la possibilità di definire il movimento istantaneo.

La visione cinematica risolve il paradosso negando che sia possibile determinare il movimento ad un istante; dunque, per determinare il cambiamento, dovremo sempre

---

[2] Traduzione mia. La formulazione originale è la seguente: "A body cannot be localized to a point it is occupying at an instant of time, but only to those points it occupies in a small neighborhood of that time".

considerare due istanti distinti e la posizione occupata in ognuno di essi (Dowden). Inoltre, dal momento che non esiste alcun istante del cambiamento esisterà un primo momento in cui la freccia è a riposo e non un ultimo istante in cui è in movimento o viceversa. La visione dialeteista, invece, accetta che sia possibile definire il movimento in un istante; se consideriamo ogni istante del percorso verso il bersaglio come un istante del cambiamento di tipo Δ la freccia si troverà in uno stato contraddittorio, quindi di cambiamento, lungo tutto il tragitto e, quindi, in movimento fino al bersaglio (Priest 2017). Secondo Priest (2017) questa soluzione riesce a recuperare l'idea del movimento come un flusso.

Riassumendo, la concezione cinematica e dialeteista ci forniscono due visioni metafisicamente differenti del cambiamento. La differenza maggiore tra queste due visioni consiste nella differenza tra concepire il cambiamento come intrinseco o estrinseco; in base a quale di queste due caratteristiche attribuiamo al cambiamento ci troveremo con visioni metafisiche differenti, ognuna con le proprie problematicità. Nonostante le molte differenze, queste due visioni condividono un'assunzione comune: il tempo è composto da istanti allo stesso modo di come una retta è composta da punti. Come tenterò di mostrare successivamente esistono delle concezioni alternative che negano proprio questo punto.

In conclusione, queste due visioni del cambiamento sono le due alternative principali fintantoché assumiamo il tempo come composto da istanti. Inoltre, nonostante le varie problematicità che entrambe le posizioni mostrano non sembra esserci nessun argomento decisivo a favore di una piuttosto che l'altra. Dal momento che non esiste ancora un argomento decisivo per decidere quale di queste due prospettive ci offre il miglior quadro metafisico sul cambiamento entrambe rimangono strade percorribili.

1.4. Le critiche di Priest alla visione cinematica, la formalizzazione della spread hypothesis e la leibniz continuity condition

La visione dialeteista del cambiamento pensa il cambiamento come una contraddizione realizzata. Il fatto che questa visione implichi l'accettazione di una contraddizione vera la rende a priori problematica perché implica il rifiuto della legge di non contraddizione che è una regola logica fondamentale. Questo, però, non ha fermato filosofi come Priest dall'esplorare questa alternativa che, attraverso le logiche paraconsistenti, può essere formalizzata anche se infrange le regole della logica classica.

Il primo passo che Priest compie per argomentare a favore della posizione dialeteista è esporre alcune critiche verso la visione cinematica. Prima di esporre tali critiche è necessario fare una premessa: gli argomenti di Priest, come egli stesso dice, non sono da considerarsi degli argomenti che mettono completamente fuori gioco la visione cinematica perché, in filosofia, tali argomenti sono rari; questi argomenti mirano, piuttosto, a rendere possibile esplorare nuove alternative alla visione cinematica (Priest 1985).

Priest rifiuta la prospettiva standard del cambiamento come estrinseco sulla base di tre argomenti. Uno degli argomenti fa leva sul paradosso della freccia di Zenone. Questo argomento è il più forte perché fa leva su una conseguenza molto controintuitiva, che deriva dal concepire il tempo come composto da istanti inestesi.

Oltre a questo, vengono proposti altri due argomenti per mettere in crisi la prospettiva cinematica. Il primo di questi argomenti viene chiamato "abutment argument" (Mortensen 2020). Se consideriamo una linea temporale composta da punti-istante uniformemente distribuiti il fatto che ci sia un cambiamento significa che c'è un intervallo in cui α è vero adiacente ad un intervallo il cui $\neg\alpha$ è vero. Se ci atteniamo alla visione cinematica e al fatto che non esistono contraddizioni vere allora non riusciamo ad individuare un momento in cui possiamo dire che il sistema sta cambiando; se consideriamo il punto di confine tra i due intervalli t nella visione cinematica a quel momento sarà vero solo $\neg\alpha$ o solo α il che fa di t semplicemente un punto dell'intervallo prima o dopo t. Se non siamo in grado di identificare un momento in cui il sistema cambia allora non c'è cambiamento (Mortensen 2020). In questo caso l'istante del cambiamento ci viene in aiuto: la visione cinematica del cambiamento implica che nell'istante del cambiamento avvengano cambiamenti di tipo A o B; se accettassimo che il cambiamento è caratterizzato solo da questi casi e che non esistono cambiamenti di tipo Δ finiremmo per considerare il mondo come arbitrario che è una conclusione assurda (Priest 1985, Mortensen 2020).

Il secondo argomento che Priest porta riguarda la causa. Consideriamo un universo laplaciano, cioè un universo in cui ogni stato in ogni momento è determinato dagli stati avvenuti in momenti precedenti; se abbracciamo la visione cinematica del cambiamento il fatto che l'universo possa essere laplaciano viene esclusa a priori in quanto in uno stato non possiamo nemmeno determinare se un oggetto si trovi in movimento o meno. Questa è una conseguenza peculiare della visione cinematica; il problema qui risiede nel fatto che la visione cinematica del cambiamento ci fa escludere a priori una possibilità; non è detto che l'universo sia strutturato in questo modo, tuttavia, escludere a priori questa possibilità rende la prospettiva cinematica meno desiderabile (Priest 1985, Mortensen 2020).

Questi argomenti riescono a evidenziare dei limiti della visione cinematica del cambiamento; visti i problemi in cui incorre la visione cinematica diventa necessario esplorare alcune alternative come la visione dialeteista. La comparsa di contraddizioni caratterizza questa prospettiva, tuttavia ciò può essere gestito attraverso l'utilizzo delle logiche paraconsistenti che permettono la trattazione formale di sistemi in cui alcune contraddizioni sono vere.

In Priest 1985 viene trattata la visione hegeliana del movimento, che è una concezione contraddittoria di questo, e viene esplicitata la *spread hypotesis* secondo la quale un oggetto ad un istante non può essere localizzato; questo principio caratterizza il movimento come contradditorio in quanto in ogni istante un oggetto si trova e non si trova in quel punto. Successivamente ad aver esplicitato questa caratterizzazione del movimento Priest procede a formalizzare questa visione rendendo più precisa anche la *spread hypotesis*.

Come già accennato precedentemente, la logica classica non permette di rendere formale questa visione perché la logica classica ci dice che, se siamo in grado di dedurre una contraddizione, il sistema diventa triviale in quanto qualsiasi cosa può venire dedotta (Priest 1985). A causa di ciò, per formalizzare la visione hegeliana, è necessario utilizzare le logiche paraconsistenti che permettono di trattare con sistemi che ammettono contraddizioni vere.

Di seguito vorrei esporre il linguaggio che Priest utilizza per formalizzare la visione hegeliana del cambiamento e la *spread hypotesis*.

Consideriamo una valutazione semantica v; per dire "la funzione v assegna alla formula A il valore *vero*" scriveremo $v(A) = T$. Le formule atomiche P del linguaggio saranno della forma "l'oggetto x si trova al punto r". Per semplicità viene assunto che questi punti siano rappresentabili con un continuum unidimensionale e quindi possono essere identificati con i numeri reali r; inoltre, supponiamo che ogni reale abbia un nome r_n nel linguaggio. L'insieme F è la chiusura di P rispetto alla negazione $\neg$, alla congiunzione $\wedge$ e alla disgiunzione $\vee$. Nella trattazione del cambiamento le formule contenute in F cambiano il loro valore nel tempo, dunque, per poter formalizzare il cambiamento, è necessario introdurre anche la semantica di una logica temporale. Questa semantica comprende un set X composto di istanti temporali legati da una relazione R che è la relazione di ordine temporale $<$. Un altro componente è la funzione $v: X \to \cdot$, che chiameremo *descrizione di stato* tale che per ogni $t \in X$, v_t è una valutazione semantica che specifica quali enunciati sono veri al momento t. Il caso preso in considerazione qui è il caso in cui X è uguale alla linea dei reali; quindi, R è la relazione $<$ che ordina la linea dei reali. Attraverso questo linguaggio siamo in grado di trattare il movimento. Consideriamo ora l'equazione $x = f(t)$. Scriviamo l'enunciato "a è al punto r_n" come $A(r_n)$. Per la visione cinematica del movimento avremo che lo stato che descrive a sarà la valutazione v tale che:

(α) $v_t(A(r_n)) = T$ se $r = f(t)$.
$v_t(\neg A(r_n)) = T$ se $r \neq f(t)$.

Supponendo che v sia consistente ciò è sufficiente a specificare cosa succede ad un momento (Priest 1985). Se consideriamo questa prospettiva dal punto di vista dell'istante del cambiamento si potranno verificare solamente i casi asimmetrici perché l'enunciato o assume il valore vero o assume il valore falso.

Se supponiamo che v sia inconsistente le cose cambiano: la specificazione α non è più sufficiente. Per esempio α non ci dice se $v_t(A(r_n)) = T$ oppure no se $r \neq f(t)$.

Considerando *v* paraconsistente possiamo dare una formulazione precisa della *spread hypotesis* che diventa lo *spread principle*. Lo *spread principle* può essere formalizzato come segue:

> Per ogni movimento $x = f(t)$ e ogni istante di tempo t c'è un intervallo intorno a t, θ_t tale che per ogni $t_1 \in \theta_t$, $v_t(A(f(t_1))) = T$.

Applicando questo principio si ottiene che per ogni $t_1 \in \theta_t$:

> (β) $v_t(A(r_n)) = T$ se $r = f(t_1)$

β ci dice, in più rispetto ad α, che l'enunciato $A(r_n)$ è vero in tutti i punti t_1 nell'intorno di t. L'intorno di $f(t)$ sarà denotato da Σ_t è tale che $\Sigma_t = \{x | \exists t^i \in \theta_t \, x = f(t_1)\}$. Priest aggiunge che è possibile arrotondare dicendo che niente assume il valore vero a meno che non sia costretto dall'equazione del moto o dallo *spread principle*. Nel quadro finale otteniamo:

> (γ)(1) $v_t(A(r_n)) = T$ se $r = f(t)$
> (2) $v_t(\neg A(r_n)) = T$ se $r \neq f(t)$
> (3) $v_t(A(r_n)) = T$ se $r = f(t^i)$

Questa è la specificazione di come si possono comportare gli enunciati in un quadro paraconsistente. In particolare, appare chiaro che da questa situazione siano deducibili delle contraddizioni. La contraddizione segue da questo ragionamento:

> a) Consideriamo un oggetto *a* in movimento che si muove secondo l'equazione $x = f(t)$.
> b) Assumiamo che i punti che l'oggetto occupa sono un continuum unidimensionale e quindi possono essere specificati attraverso i reali *r*. In questo linguaggio ogni reale *r* ha un nome r_n.
> c) Assumiamo che la linea temporale sia isomorfa alla linea dei reali; poi consideriamo un intervallo temporale *y* appartenente a questa linea.

d) Dal momento che sia il tempo che lo spazio sono modellati sui reali è facile intuire che l'equazione $f(t)$, per ogni istante, ci darà come risultato un punto spaziale; questo significa che ad ogni istante t l'oggetto occuperà un luogo r.

e) Da (1) segue che, se l'equazione $f(t)$ identifica la posizione dell'oggetto in punto r allora l'enunciato "l'oggetto a si trova al punto r_n" sarà vero.

f) Per lo *spread principle* e 3 esiste un intervallo intorno a t in cui per ogni $t_1 \in \theta_t$ $v_t(A(r_n))= T$ che significa che l'oggetto si trova in tutti i punti t_1.

g) Al momento t, quindi, l'oggetto si trova nel punto denotato da $f(t)$ e, contemporaneamente, si trova nel punto denotato da $f(t_1)$.

h) Dal momento che $f(t_1)$ identifica un luogo nell'intorno di t e non un luogo a t possiamo dire che $f(t) \neq f(t_1)$. Questo significa che l'oggetto a si trova nel luogo denotato da $f(t_1)$ che è diverso da luogo identificato da $f(t)$ quindi possiamo dire che al momento t, $r \neq f(t)$ quindi per 2 possiamo concludere che $v_t(\neg A(r_n))= T$.

i) Nel punto g) è stato possibile dedurre che considerato un momento t c'è una contraddizione in quanto $v_t(\neg A(r_n))= T$ e $v_t(A(r_n))= T$. La contraddizione che si genera in questo punto può poi essere estesa a tutti i punti in cui il cambiamento avviene il che significa che durante l'intervallo y avremo uno stato di costante contraddizione che rappresenta esattamente il moto come contradditorio.

Attraverso il linguaggio pensato da Priest si riesce a dare una formulazione logica al cambiamento come contradditorio; questa formulazione permette di avere una descrizione precisa di cosa succede durante il movimento. Inoltre, poter formalizzare questo punto di vista lo rende un'alternativa maggiormente accettabile perché dimostra che la contraddizione non è un elemento sufficiente per rendere inadeguata la prospettiva dialeteista.

Nella discussione sull'istante del cambiamento Priest parla di cambiamento istantaneo mentre nella trattazione hegeliana del movimento viene analizzato un cambiamento esteso nel tempo; nonostante esista questa discrepanza l'istante del cambiamento si può applicare anche nei casi in cui il cambiamento coinvolge un intervallo: per risolvere il paradosso della freccia è possibile considerare ogni punto del movimento della freccia come un istante contraddittorio del cambiamento (Priest 2017), dunque, anche cambiamenti estesi nel tempo possono essere caratterizzati tramite l'istante del cambiamento.

Lo *spread principle* è il principio fondamentale su cui poggia la visione hegeliana del movimento e da cui è possibile arrivare alla visione dialeteista sul cambiamento; quest'ultima è, sostanzialmente, una generalizzazione della prima perché estende le idee sul movimento al cambiamento in generale, inoltre la visione hegeliana del cambiamento è deducibile dalla visione dialeteista sul cambiamento. La visione di Priest sul cambiamento poggia sul fatto che esistano stati di cambiamento contraddittori; per argomentare a favore dell'esistenza di questi stati e dei rispettivi istanti del cambiamento che li rappresentano Priest utilizza la *Leibniz Continuity Condition* (LCC); questa condizione di continuità dice che qualsiasi cosa sia vera fino ad un limite sarà vera anche a quel limite (Mortensen 2020, Priest 2017). L'utilizzo di questo principio è guidato dall'intuizione per cui se qualcosa fosse vero fino ad un limite ma non a quel limite la realtà sembrerebbe capricciosa o arbitraria (Priest 2017). LCC è l'argomento principale usato per motivare l'esistenza degli istanti contraddittori del cambiamento; questa condizione è particolarmente adatta ad essere applicata al cambiamento perché dobbiamo sempre trattare con enunciati veri in intervalli temporali e non in istanti; nonostante il caso del cambiamento sembri essere il più adatto per applicare LCC ciò non lo rende un principio che non crea problemi, anzi, se non si applicano le opportune restrizioni, si creano molte conseguenze indesiderate.

Ci sono diversi casi in cui la *Leibniz Continuity Condition* risulta inapplicabile. Il primo caso è quello delle disgiunzioni; il problema è che durante un intervallo si può dare il caso che la disgiunzione rimanga vera durante l'intervallo ma che nessuno dei due disgiunti sia vero in modo continuo fino al limite; in questo caso non possiamo applicare LCC a nessuno dei due disgiunti e quindi non abbiamo motivo di supporre che la disgiunzione sia vera anche al limite (Mortensen 1997). Gli enunciati temporali sono un altro caso in cui LCC non si può applicare senza incorrere in conseguenze inaccettabili. Per dimostrare la problematicità di questo caso consideriamo un intervallo temporale, un punto t appartenete a questo intervallo e un enunciato A tale che per ogni $t_1 < t$ è vero e per ogni $t_1 \geq t$ è falso; se A è un enunciato temporale come "sarà il caso che X", vero per ogni $t_1 < t$, e applichiamo LCC dovremo concludere che A è vero anche al momento t; questa conclusione è inaccettabile perché ci sono enunciati per i quali ciò è chiaramente assurdo. Un esempio di un enunciato temporale a cui non si può applicare LCC ci viene dato da Priest: consideriamo l'enunciato "Priest sarà vivo in un momento futuro" e assumiamo che il momento *t* corrisponde con la morte di Priest; l'enunciato quindi risulterà vero prima di *t* e falso dopo; dato che l'enunciato, prima di *t*, è vero fino ad un limite sembra legittimo applicare LCC, tuttavia, se lo facciamo, incorriamo nella conclusione che l'enunciato "Priest sarà vivo in un momento futuro" è vero al momento *t* che equivale a dire che Priest sarà vivo in un momento dopo la sua morte che è, chiaramente, inaccettabile (Priest 2017).

Ad un primo sguardo, questi sembrano gli unici casi in cui LCC non risulta applicabile; tuttavia, Mortensen (1997) evidenzia che ci sono altri casi, meno complessi, che possono essere altrettanto problematici se applichiamo LCC.

Il primo caso che viene considerato è quello della negazione. Consideriamo una funzione continua $f(t)$ che è strettamente crescente fino al momento in cui $t = a$; prima dell'istante a l'enunciato " $f(t)$ non è identico a $f(a)$" è sempre vero; se applichiamo LCC otteniamo che l'enunciato "$f(a)$ non è identico a $f(a)$" il che è un risultato irragionevole (Mortensen 1997).

A questo punto i casi in cui è legittimo applicare la *Leibniz Continuity Condition* sono davvero limitati e potrebbe venire circoscritta ad essere utilizzata solo quando l'argomento è un enunciato atomico. Nuovamente Mortensen (1997) nota che anche in questo caso si possono trovare degli esempi in cui LCC non funziona a dovere; l'esempio che viene discusso è quello in cui esiste un ordine; se consideriamo nuovamente la funzione crescente $f(t)$ già utilizzata per il caso della negazione, otteniamo che, prima del momento a, l'enunciato "$f(t)$ è minore di $f(a)$" è vero in tutti i momenti; se applichiamo LCC otteniamo che l'enunciato "$f(a)$ è minore di $f(a)$" che, nuovamente, è una conclusione inaccettabile (Mortensen 1997).

LCC quindi risulta essere un principio fondamentale per la concezione di Priest, tuttavia, presenta molti problemi ed è necessario applicarlo con cautela altrimenti conclusioni inaccettabili sono facilmente deducibili.

L'obiettivo di Priest è legittimare la concezione dialeteista del cambiamento e perché questo sia possibile è necessario che esistano degli istanti in cui il cambiamento è identificabile; l'adozione di LCC vuole essere un argomento a favore dell'esistenza di

questi momenti e un sostegno all'intuizione che, se il cambiamento esiste, allora deve essere, in qualche modo, rintracciabile.
Tutti i problemi in cui incorre LCC rischiano di minare alle fondamenta la visione dialeteista del cambiamento, in particolare costringono ad assumere che esista una differenza tra il cambiamento e la presenza di uno stato di cambiamento; uno stato di cambiamento è contraddistinto dalla presenza di un istante del cambiamento e, quindi, da una contraddizione realizzata in un momento; ciò che siamo costretti a dire, a causa delle limitazioni di LCC, è che gli stati di cambiamento non sono una condizione necessaria perché ci sia cambiamento. Per chiarire questo punto è sufficiente riprendere l'esempio della morte di Priest: in questo caso è stato mostrato che non possiamo applicare LCC da cui segue che non c'è un istante del cambiamento e nemmeno uno stato di cambiamento; questo significa che nel caso della morte il cambiamento avviene senza che sia presente uno stato di cambiamento. Priest a questo problema risponde che uno stato di cambiamento non è necessario al cambiamento in generale; tuttavia, dobbiamo accettare che i cambiamenti contradditori esistono e sono il paradigma del cambiamento.
Questo rimane, comunque, un punto spinoso della prospettiva di Priest perché, se gli stati di cambiamento non sono necessari affinché avvenga un cambiamento, allora non si capisce perché possano essere considerati come ciò che rappresenta il cambiamento (Littman 2012).
La prospettiva di Priest sul cambiamento offre una valida alternativa al modo classico di concepire il cambiamento e il movimento; la visione dialeteista sostiene l'intuizione secondo cui se il cambiamento esiste allora deve esistere un momento in cui avviene. Oltre a rendere conto di questa intuizione, la visione dialeteista del cambiamento si rivela avere una diretta applicazione nella risoluzione del paradosso della freccia di Zenone. La visione sul cambiamento di Priest, come la visione cinematica, possiede alcuni problemi; Littmann, che è un difensore della visione cinematica del cambiamento, cerca di mettere in difficoltà la visione dialeteista facendo leva anche sulla problematicità di LCC. La critica di Littmann si articola in diversi argomenti, i quali ricevono una puntuale risposta da parte di Priest che tenta di difendere la visione dialeteista del cambiamento.

1.5. Le critiche di Littmann alla visione dialeteista e le risposte di Priest

La visione dialeteista del cambiamento si fonda sull'accettazione che esistono contraddizioni vere; accettare che alcune contraddizioni possono essere vere induce i più a rifiutare questa alternativa perché sembra qualcosa di assurdo. Greg Littmann tenta di mettere in difficolta la posizione di Priest attraverso alcuni argomenti che non riguardano direttamente il fatto che non esistono contraddizioni vere. Gli argomenti di Littmann mirano a mostrare che, assumendo una concezione contradditoria del cambiamento, abbiamo delle conseguenze inaccettabili.

Tutti gli argomenti di Littmann poggiano su un'assunzione comune: gli istanti del cambiamento sono una condizione necessaria perché ci sia cambiamento; dunque, ad ogni cambiamento è associato un istante del cambiamento (Littmann 2012).

Il primo argomento che Littmann espone mostra che dalla visione dialeteista del cambiamento segue che, prima di ogni istante del cambiamento, ci imbattiamo in un regresso infinito. Il regresso infinito si genera ragionando come segue: consideriamo un istante del cambiamento t; prima di questo istante il sistema non era in cambiamento ma questo significa che c'è un passaggio dal sistema-non-in-cambiamento al sistema-in-cambiamento; se accettiamo che l'istante del cambiamento sia necessario affinché ci sia cambiamento allora possiamo affermare che il passaggio dal sistema-non-in-cambiamento al sistema-in-cambiamento richiede l'esistenza di un istante del cambiamento; in questo modo troviamo un nuovo momento del cambiamento t_1 precedente a quello di partenza; possiamo applicare nuovamente questo ragionamento all'infinito e quindi troveremo un'infinità di istanti del cambiamento (Littmann 2012). Il problema che segue da questo regresso infinito è che se assumiamo che un cambiamento richieda un tempo minimo per compiersi ci troviamo a dover ammettere che, perché un cambiamento avvenga, esso richiede tempo infinito; anche assumendo che un cambiamento non richiede un tempo minimo per compiersi ci troviamo con una situazione controintuitiva in cui c'è troppo cambiamento rispetto a quello che le nostre intuizioni ci dicono che c'è (Littmann 2012).

La seconda critica di Littmann vuole dimostrare che, se adottiamo una concezione contradditoria dell'istante del cambiamento e accettiamo nuovamente che l'istante del cambiamento sia una condizione necessaria affinché ci sia cambiamento, avremo come conseguenza che alcuni cambiamenti fisici non avvengono in nessun momento. Consideriamo un intervallo temporale in cui avviene un cambiamento al momento t dove t è un istante del cambiamento; inoltre consideriamo lo stato A tale che prima di t A è vero, dopo t A è falso e al momento t A ∧ ¬A è vero. Il problema sorge se ci domandiamo quando avviene il passaggio dall'essere vero all'essere falso dello stato A; in particolare ponendo attenzione a quando A smette di essere vero e non a quando ¬A inizia ad essere vero. La risposta più banale sembra sostenere che ciò avviene al momento t, tuttavia ciò risulta inaccettabile: non possiamo dire che ciò avviene al momento t perché in quel momento A è ancora vero e il fatto che ¬A sia vero non è sufficiente a dire che A ha smesso di esserlo. Il momento in cui A smette di essere vero non può avvenire nemmeno prima di t perché prima di t A è vero; per lo stesso motivo non può essere un momento dopo t perché in quell'intervallo solo ¬A è vero. Se il cambiamento non avviene né prima, né al momento t, né dopo allora non avviene in nessun momento (Littmann 2012).

Questi sono gli argomenti principali che Littmann porta contro la visione dialeteista. Priest risponde a entrambi questi argomenti dicendo che, in realtà, non si pongono. Prima di esporre le risposte di Priest è necessaria un'osservazione preliminare: Priest sostiene apertamente che gli istanti di cambiamento non sono necessari al cambiamento; dunque, Littmann trae le sue critiche da una premessa che non viene ritenuta vera da Priest.

Il problema che pone il secondo argomento di Littmann è risolvibile, secondo Priest, semplicemente utilizzando LCC. È sufficiente applicare LCC al caso posto da Littmann per vedere che, in realtà, un istante del cambiamento c'è e che è t; sostenere che questo istante non identifica il momento in cui A smette di essere vero perché è ancora il caso che A non è sufficiente a negare che questo sia un istante del cambiamento: al momento t anche ¬A risulta essere vero, dunque, il momento t è proprio il momento in cui avviene il passaggio da A a ¬A (Priest 2017).

Il primo argomento di Littmann secondo cui prima di ogni istante del cambiamento c'è un regresso infinito viene altrettanto rifiutato. L'idea di Littmann è che, se c'è un momento del cambiamento ad un istante t, allora il sistema in quel momento è in cambiamento, tuttavia il sistema, prima di t, non si trovava in quello stato, il che significa che ci deve essere un ulteriore momento del cambiamento che identifica il passaggio dal sistema-non- in-cambiamento al sistema-in-cambiamento. Il problema è che il momento del cambiamento t_1, precedente t, che identifica il passaggio del sistema da non-in-cambiamento ad in-cambiamento non è un istante del cambiamento: l'istante t_1 è un istante tale che prima di t_1 A è vero e dopo t_1 $A \wedge \neg A$ è vero; tuttavia, ciò non dovrebbe definire un istante del cambiamento in quanto ciò che viene dopo t_1 è un momento istantaneo mentre per un genuino istante del cambiamento dovremmo avere sia prima che dopo un enunciato vero in un intervallo. Tuttavia, anche accettando che t_1 è un istante del cambiamento si può mostrare che l'argomento del regresso infinito, in realtà, non si pone. Il ragionamento per dimostrare l'inefficacia dell'idea di Littmann è il seguente:

1) Consideriamo un istante del cambiamento t in cui $A \wedge \neg A$ è vero; assumiamo, inoltre, che prima di t A è vero mentre dopo t $\neg A$ è vero.
2) Seguendo il suggerimento di Littmann avremo un istante del cambiamento t_1 tale che $t_1 < t$ e t è immediatamente successivo a t_1.
3) Se consideriamo t_1 come uno stato di cambiamento otterremo, per 1), che prima di t_1 A è vero, mentre, per 2), che immediatamente dopo $A \wedge \neg A$ è vero; se ora applichiamo LCC otterremo che al momento t_1 sarà vero che $A \wedge (A \wedge \neg A)$ che è equivalente ad $A \wedge \neg A$ che è esattamente lo stato di cambiamento da cui siamo partiti.
4) Possiamo quindi concludere che lo stato di cambiamento t_1 è semplicemente uguale a t il che significa che c'è uno stato di cambiamento come lo intende Littmann ed è esattamente l'istante del cambiamento da cui siamo partiti.

Le risposte di Priest sembrano soddisfacenti tanto che anche Littmann (2017), le ritiene soddisfacenti. Dunque, i due argomenti, precedentemente presentati, di Littmann non risultano decisivi per criticare la visione di Priest. Tuttavia, viene evidenziato un altro aspetto della prospettiva dialeteista che sembra essere maggiormente problematico e che lo stesso Priest riconosce come un aspetto più spinoso rispetto ai precedenti: se l'istante del cambiamento di tipo Δ non è necessario affinché ci sia cambiamento, allora bisogna spiegare perché è necessario che gli istanti del cambiamento debbano esistere.
Come evidenziato nel paragrafo precedente questo problema nasce dalle restrizioni a cui LCC deve andare incontro; questo crea dei casi in cui il cambiamento avviene senza che debba esistere uno stato di cambiamento, cioè lo stato in cui si trova un oggetto che

cambia. Inoltre, Priest assume apertamente che non abbiamo nessun motivo a priori per credere che tutti i cambiamenti sono uguali (Priest 2017). Se non tutti i cambiamenti devono essere legati ad un istante del cambiamento e i cambiamenti non sono tutti uguali diventa necessario capire perché sono necessari gli istanti del cambiamento e i cambiamenti contradditori. Le considerazioni fatte da Priest riguardanti la simmetria e LCC sono comunque dei motivi validi per sostenere che alcuni stati di cambiamento esistono (Priest 2017). In ogni caso sarebbe semplicemente non risolutivo riproporre i motivi per cui si sostiene che il cambiamento è qualcosa di contradditorio e che esistono momenti di cambiamento contradditori. Per questo motivo Priest aggiunge un ulteriore motivo che ci spinge a considerare il cambiamento come contradditorio: abbiamo dei vantaggi da un punto di vista metafisico; in Priest 2017 viene evidenziato che non è necessario accettare che i momenti del cambiamento siano stati intrinseci di cambiamento; tuttavia, ci sono delle conseguenze vantaggiose nel farlo: accettando che esistano degli stati di cambiamento diventa possibile comprendere il cambiamento come dinamico.

Nella visione cinematica del cambiamento, che non accetta l'esistenza di stati di cambiamento contradditori, gli stati si susseguono l'uno con l'altro, come in un film, e le cose *sembrano* cambiare. Secondo Priest questa visione non ci permette di comprendere il movimento come un flusso genuino (Priest 2017). Assumere che esistano tali stati dinamici di cambiamento ci permette di risolvere agevolmente alcune situazioni come il paradosso della freccia di Zenone; la freccia riesce a progredire in virtù del fatto che ad ogni istante essa *è* e *non è* in quel punto. Accettare la prospettiva di Priest, quindi, significa impegnarsi a sostenere che alcuni cambiamenti non coinvolgono uno stato di cambiamento per avvenire ma che tali stati esistono in quanto abbiamo delle motivazioni di simmetria, per LCC e anche le nostre intuizioni sul cambiamento. Questo, in definitiva, significa sostenere che gli stati di cambiamento non sono necessari perché avvenga cambiamento ma è necessario che esistano perché esista il cambiamento.

Questo rimane un punto problematico della posizione di Priest perché più eccezioni troviamo alla regola generale che il cambiamento richiede contraddizione meno questa prospettiva dovrebbe essere attraente (Littmann 2017). Sotto questo aspetto sembra difficile criticare Littmann in quanto molte eccezioni significano che la teoria non è esplicativa quanto vorremmo e che è desiderabile avere il numero minore possibile di eccezioni. In conclusione, la visione dialeteista del cambiamento, come quella cinematica, possiede dei punti problematici; nonostante alcuni problemi siano presenti la visione di Priest rimane attraente, soprattutto perché concepisce il cambiamento come un flusso.

La prospettiva di Priest viene presentata come una valida alternativa alla prospettiva classica sul cambiamento perché sotto molti aspetti riesce ad essere soddisfacente. Inoltre, molti dei nodi problematici evidenziati da Littmann vengono efficacemente sciolti da Priest; l'unico problema che rimane aperto è se effettivamente gli istanti del cambiamento sono necessari affinché il cambiamento esista. Nonostante questo problema rimanga, parzialmente, aperto ciò non è sufficiente a rendere la visione dialeteista del cambiamento un'alternativa completamente insostenibile. Per concludere, gli argomenti di Littmann contro la visione contraddittoria del cambiamento non riescono a renderla assurda ma ne mostrano i limiti; d'altro canto, la critica di Priest alla visione standard, come egli stesso sostiene, non riesce a renderla insostenibile; questo significa che le due prospettive si presentano come due alternative ugualmente possibili della concezione del cambiamento.

1.6. Logiche paraconsistenti

La visione dialeteista del cambiamento è caratterizzata dalla presenza di contraddizioni; questo è sufficiente, se ci atteniamo alle regole logiche classiche, a rendere insensata la prospettiva di Priest. Per questo motivo è necessario utilizzare uno strumento diverso dalla logica classica per poter formalizzare una teoria in cui sono presenti contraddizioni.
Le logiche paraconsistenti sono utilizzate per formalizzare teorie che presentano inconsistenze in quanto sono pensate per poter ammettere contraddizioni vere senza incorrere in assurdità (Weber); queste logiche vengono usate per trattare le contraddizioni in modo controllato considerandole potenzialmente informative (Priest et al. 2022). Vista la natura intrinsecamente contraddittoria della visione dialeteista del cambiamento è necessario usare una logica paraconsistente per poterne avere una trattazione formale.
Le logiche paraconsistenti devono pensare la relazione di conseguenza logica in modo differente rispetto al modo classico. La conseguenza logica, nella logica classica, è concepita in modo tale che, se come premessa c'è una contraddizione arbitraria, la relazione di conseguenza logica tra le premesse e le conclusioni diventa triviale; questo significa che da una contraddizione possiamo legittimamente derivare la verità di qualsiasi enunciato. La conseguenza logica così concepita viene detta *esplosiva*; questo termine indica il fatto che se in una teoria incorriamo anche in una sola contraddizione questa rende immediatamente il sistema triviale (Weber).
Per delineare in modo preciso la differenza tra la logica classica e la logica paraconsistente è necessario, come primo passo, considerare la differenza tra *coerenza* e *consistenza*. Una teoria, che è l'insieme di enunciati validamente derivabili in un linguaggio formale, è consistente se non può essere derivata alcuna contraddizione; la coerenza, chiamata anche *consistenza assoluta* o *non trivialità*, invece, ci dice che una teoria, per non essere considerata triviale non deve rendere veri tutti gli enunciati (Priest et al. 2022, Weber). Se riflettiamo sulla dicitura "paraconsistente" possiamo già intuire che la differenza tra le due logiche si giocherà sul piano della consistenza: una logica paraconsistente rinuncia alla coerenza senza rinunciare alla consistenza.
La conseguenza logica classica valida il seguente argomento:

(1) $A, \neg A \vdash B.$

Questo argomento è chiamato *ex contradictione quodlibet* (ECQ). Appare evidente che questo argomento corrisponde esattamente a dire che da una contraddizione arbitraria può essere dedotto un enunciato qualsiasi. Se una logica rende valido ECQ allora è esplosiva in quanto è sufficiente una contraddizione per far degenerare il sistema in trivialità (Weber). Secondo la logica classica ECQ è un argomento valido; le logiche paraconsistenti, invece, non validano questo argomento.
L'idea fondamentale della paraconsistenza è che si può avere una teoria coerente anche se essa non è consistente; ciò significa che una teoria può essere inconsistente senza sfociare nell'assurdo. Le logiche paraconsistenti vengono definite in modo negativo: una logica è paraconsistente se e soltanto se la conseguenza logica non è esplosiva (Priest et al. 2022). La paraconsistenza quindi è una proprietà della conseguenza logica e nelle logiche paraconsistenti in generale ECQ non viene validato.
Una formulazione formale della paraconsistenza è:

> Def_1: Una logica è paraconsistente se e soltanto se non è il caso che per tutti gli enunciati A e B si può dire che $A, \neg A \ \vdash B$.

Questa definizione è soltanto una negazione di ECQ ed è detta definizione *debole* di paraconsistenza. È possibile dare anche una definizione *forte* di paraconsistenza:

> Def_2: Una logica è paraconsistente se e soltanto se esistono degli enunciati A e B tali che $\vdash A$, $\vdash \neg A$ ma non $\vdash B$.

La differenza principale tra queste due definizioni è che la prima dice solamente che, nel caso in cui incontriamo una contraddizione essa non necessariamente porta il sistema ad essere triviale, la seconda, invece, dice che ci sono effettivamente delle teorie inconsistenti. Secondo la definizione debole di paraconsistenza può darsi il caso che non ci siano teorie inconsistenti, inoltre, se la Def_2 viene soddisfatta, viene soddisfatta anche la Def_1 (Weber). La paraconsistenza debole può essere associata all'idea che le contraddizioni sono dovute all'errore umano e che in un mondo ideale in cui questi errori non esistono useremmo la logica classica, che è preferibile a quella paraconsistente.

Coloro che sostengono una paraconsistenza debole tendono ad avere una visione simile a quella classica delle contraddizioni; essi vedono l'utilizzo di una logica paraconsistente come una necessità in quanto certi sistemi richiedono un trattamento delle contraddizioni e cercano di rendere le cose il più consistenti possibile (Weber). I sostenitori della paraconsistenza forte, invece, credono che esistano delle teorie che sono naturalmente inconsistenti; questo significa che esistono delle contraddizioni vere e che queste contraddizioni non sono frutto di un errore o di una limitatezza del sistema. Da ciò segue che, per coloro che credono nella paraconsistenza forte, la logica classica è errata, o limitata, di principio (Weber). La prospettiva di Priest sottoscrive una visione forte della paraconsistenza.

Come appare evidente esiste una stretta relazione tra paraconsistenza e dialeteismo tuttavia è necessario distinguerli. Una prima cosa da notare è che essere favorevole ad adottare un approccio paraconsistente alla logica non equivale ad impegnarsi al dialeteismo. Inoltre, mentre la paraconsistenza è una tesi sulla conseguenza logica, il dialeteismo è una concezione che riguarda la verità (Priest et al. 2022).

Il dialeteismo consiste nella visione per cui alcune contraddizioni sono vere; rifiutare ECQ non è equivalente a pensare che esistono contraddizioni vere ma solo ad accettare che una contraddizione non rende necessariamente un sistema triviale. Il dialeteismo va anche distinto dalla trivialità che è la visione secondo cui tutto è vero (Priest et al. 2022). Il dialeteismo è la visione per cui solo *alcune* contraddizioni sono vere; dunque, un trivialista deve necessariamente sostenere il dialeteismo ma non viceversa perché un dialeteista non crede che tutte le contraddizioni siano vere (Priest et al. 2023).

Nonostante dialeteismo e paraconsistenza vadano separati essi rimangono in una stretta relazione in quanto un dialeteista deve necessariamente accettare che la conseguenza logica sia di tipo paraconsistente. Diventa quindi chiaro il motivo per cui Priest utilizza una logica paraconsistente per formalizzare la sua visione sul cambiamento. La visione dialeteista del cambiamento poggia sull'idea che il cambiamento sia contraddittorio dunque sia necessario, se lo si vuole studiare da un punto di vista formale, utilizzare una logica paraconsistente così da ammettere la verità di alcune contraddizioni senza rendere triviale la teoria.

Capitolo 2

2.1. Aristotele: soluzione dei paradossi di Zenone e continuum

Aristotele è stato il primo filosofo ad aver tentato di risolvere i paradossi di Zenone. Fino al tardo diciannovesimo secolo la soluzione aristotelica era accettata come soluzione valida dei paradossi; nel momento in cui il calcolo moderno è stato sviluppato è diventato possibile sviluppare la soluzione standard (Dowden). La differenza principale che si può rintracciare tra questi due diversi tentativi di risolvere i paradossi è che la soluzione standard si appoggia a strumenti matematici e sostiene che Zenone ha fatto un utilizzo errato del calcolo; la soluzione aristotelica, invece, argomenta che alcune assunzioni fatte da Zenone non sono vere.

Aristotele vuole difendere l'idea che il cambiamento è un aspetto genuino della realtà (Bardon 2013), e dunque muove diverse critiche nei confronti di Zenone. La critica principale di Aristotele riguarda l'infinito. Nei paradossi di *Achille e la tartaruga* e della *Dicotomia* Zenone conclude che Achille o il corridore non possono raggiungere il loro obiettivo perché per farlo devono percorrere una distanza infinita. Il problema, per Aristotele, è che Zenone non si rende conto del fatto che l'infinito in questi paradossi è un infinito soltanto *potenziale* e non *attuale*.

Per questo motivo viene introdotta la distinzione tra infinito *attuale* e *potenziale*. L'infinito potenziale è un termine tecnico utilizzato da Aristotele con il quale indica un infinito che deriva dall'iterazione di un'operazione, come l'infinita divisione nei paradossi; con infinito attuale non si indica un infinito reale ma semplicemente un infinito che è tale senza dipendere da un'operazione di qualche tipo (Dowden).

Attraverso questa distinzione è possibile risolvere i paradossi. Aristotele concorda con Zenone che percorrere un infinito attuale sia effettivamente impossibile (Dowden). Se è impossibile percorrere un infinito attuale e, nel mondo fisico, il corridore raggiunge effettivamente il traguardo allora significa che l'infinito che percorre non è attuale ma potenziale. Aristotele, quindi, conclude che è impossibile percorrere un infinito attuale ma che è possibile percorrere un infinito potenziale (Dowden). Intuitivamente se un infinito potenziale deve la sua infinità ad altro significa che esso esiste soltanto in modo mediato, attraverso la divisione infinita del percorso; ciò che esiste interamente e immediatamente è il percorso che è finito. Per Aristotele è determinante la differenza tra quello che è il mondo fisico e quella che è l'astrazione matematica (Bardon 2013): nel mondo fisico Achille e il corridore devono percorrere una distanza che esiste come finita; l'infinito è solo un'astrazione matematica resa possibile dall'iterazione di un'operazione. Per Aristotele, dunque, il fatto che le distanze che Achille e il corridore devono percorrere siano potenzialmente divisibili un'infinità di volte non è sufficiente per rendere le distanze stesse infinite.

L'obiezione mossa verso la concezione di infinito utilizzata da Zenone è quella maggiormente conosciuta e influente, tuttavia, non è l'unica osservazione che Aristotele ha mosso nei confronti di Zenone. Un'altra critica riguarda il fatto che non è corretto assumere che la linea percorsa nei paradossi sia composta da punti. Con questa critica Aristotele vuole difendere l'intuizione secondo cui una linea non può essere composta da punti inestesi. Da questa concezione segue che una linea può essere composta soltanto da segmenti più piccoli; in modo simile anche il tempo non può essere composto da istanti nulli ma solo da intervalli temporali (Dowden).

Il paradosso della freccia fa leva proprio sull'intuizione che il tempo è composto da istanti inestesi in cui la freccia risulta immobile. Se viene meno la possibilità di appellarsi a istanti temporali ma è possibile considerare soltanto intervalli sempre più piccoli la freccia non risulterà mai ferma in quanto, per quanto piccolo, ogni sottointervallo del percorso sarà sempre un periodo esteso in cui la freccia cambia legittimamente di posizione (Dowden). Dunque, l'idea di Aristotele di pensare il tempo come composto da intervalli riesce a offrire una soluzione del paradosso della freccia.

L'intuizione che una linea o il tempo non possono essere composti da punti o istanti può essere estesa ad ogni entità continua. In questo modo nasce l'idea aristotelica che il continuum non può essere composto da indivisibili. Aristotele propone un argomento a favore del fatto che un continuum non può essere composto da indivisibili. White (1988) ricostruisce l'argomento nel modo seguente:

> 1) Due cose sono continue se il loro confine è uno e due cose si "toccano" se i loro confini sono "insieme".
> 2) Un indivisibile, proprio per il fatto che è indivisibile, non possiede parti che sono confini e parti che non lo sono.

A causa di 2:

3.1) O non si dà mai il caso che un confine di un indivisibile sia tutt'uno o "tocchi" il confine di un altro indivisibile.

3.2) Oppure due indivisibili si "toccano" ma come due interi distinti.

Se 3.1 è vera allora gli indivisibili non possono essere continui né in contatto tra loro; se il continuum fosse composto da punti questi dovrebbero essere necessariamente continui o in contatto tra loro; dunque, possiamo concludere che, se 3.1 è vera, allora il continuum non può essere composto da indivisibili (White 1988).
Anche nel caso in cui sia vero 3.2 segue che il continuum non può essere composto da punti. Se assumiamo che il continuum sia composto da indivisibili e la verità di 3.2 segue che questi indivisibili non sarebbero topologicamente distinguibili l'uno dall'altro (White 1988). Questo, tuttavia, è inaccettabile in quanto il continuum ha parti distinte in cui può essere diviso (White 1988). Dunque, in entrambe le situazioni risulta inaccettabile concepire il continuum come composto da indivisibili.
Da queste considerazioni Aristotele conclude che un'entità continua non può essere composta da indivisibili. Questa posizione è stata rifiutata dalla matematica moderna che, invece, ha una concezione puntiforme del continuum. In aggiunta a ciò, l'approccio della soluzione standard accetta che esistano infiniti attuali come l'insieme dei numeri reali (Dowden). Il primo matematico che è riuscito a catturare l'idea moderna di Continuum è stato Dedekind, in particolare sembra essere stato il primo a riconoscere che la proprietà della densità non è sufficiente a caratterizzare la continuità (Bell 2022). Dedekind, per dimostrare ciò, propone un paragone tra i punti su una linea geometrica (che si suppone siano continui) e i numeri razionali; a questo punto è necessario domandarsi se ogni punto della linea corrisponde ad un numero razionale (Bell 2022, Reck 2023). La risposta a questo quesito sarà negativa. Per dimostrare che ogni punto non corrisponde con un razionale, Dedekind, utilizza il concetto di *taglio*; l'idea è che noi possiamo tagliare la linea in un punto arbitrario accorgendoci immediatamente che ci sono tagli che non corrispondono a numeri razionali, per esempio possiamo tagliare la linea in corrispondenza della $\sqrt{2}$; questo evidenzia che i numeri razionali, nonostante siano densi, presentano dei buchi in corrispondenza dei numeri irrazionali (Bell 2022, Reck 2023). Per ogni taglio possibile Dedekind "crea" un nuovo oggetto determinato dal taglio; così

facendo viene creato l'insieme dei numeri reali che, a differenza di quello dei razionali, può essere messo in una corrispondenza biunivoca con i punti di una retta catturando così l'idea di continuità (Bell 2022, Reck 2023). La rappresentazione del continuum pensata da Dedekind cattura molto bene l'idea che un continuum debba essere connesso, cioè che non debba avere buchi al suo interno.

La topologia moderna ha criticato molto Aristotele, tuttavia, White (1988) argomenta che, in realtà, le due visioni sul continuum condividono alcuni concetti di base. Nella topologia moderna alla base del continuum c'è l'idea che uno spazio sia un "intero naturale". Un intero naturale è concepito come un insieme di punti che hanno la proprietà di essere *connessi* tra loro. La *connessione* di un insieme è una condizione necessaria affinché l'insieme possa essere considerato *continuo*. Essere connesso significa non contenere *separazioni*: un insieme continuo M non può essere rappresentato come l'unione di due sottoinsiemi di cui nessuno dei due contiene un punto limite dell'altro (White 1988). L'idea che si vuole catturare è che un insieme connesso non contiene *unioni*: ogni tentativo di dividerlo in due parti risulterà in una divisione approssimativa, cioè il punto di rottura sarà il punto limite di solo una delle due parti (White 1988).

La concezione aristotelica del continuum si fonda sulla stessa intuizione di quella moderna: due cose sono continue se, quando sono attaccate, risultano in un'unità (White 1988). Nonostante i due approcci condividano alcune idee fondamentali queste vengono sviluppate in modi differenti. Le differenze maggiori sono rintracciabili innanzitutto nel fatto che Aristotele considera le regioni spaziali come irriducibili e come entità fondamentali; la topologia, invece, opta per un approccio che si basa su insiemi di punti (White 1988). Di conseguenza, le due posizioni attribuiscono proprietà diverse al continuum, in particolare si può considerare la proprietà di essere *denso*. Da un punto di vista topologico perché un insieme possa essere considerato connesso esso deve anche essere denso; se consideriamo uno spazio lineare questo significa che per ogni due punti p e p' deve esistere un terzo punto p'' tale che p'' è "in mezzo" tra p e p'. Ciò significa che per ogni due punti esiste un terzo punto in mezzo tra loro. Nella concezione aristotelica il continuum non è denso in questo senso perché gli elementi fondamentali sono regioni di spazio e non punti; nel caso di un continuum lineare non ha senso parlare di regioni di spazio dense tra loro in questo senso (White 1988).

Il continuum aristotelico non ha una parte più piccola in quanto è infinitamente divisibile. Per l'approccio moderno, invece, il continuum non possiede alcuna parte più piccola *estesa*, tuttavia, è possibile pensare ai punti come parti *inestese* di una linea (Hellman and Shapiro 2012: 264). Il continuum, se non contiene una parte più piccola, viene chiamato *gunky* poiché ogni sua parte ha a sua volta parti proprie; questo equivale a sostenere che gli elementi primitivi di un continuum lineare sono segmenti che possono sempre essere diviso in altri segmenti più piccoli che sono, a loro volta, parti proprie del continuum (Hellman and Shapiro 2012: 265).

Infine, nel continuum aristotelico non ci sono punti, tuttavia è possibile recuperarli come entità secondarie; Aristotele definisce i punti come i limiti dei segmenti oppure i punti in cui potenzialmente si può dividere un intervallo. Dunque, i punti esistono nella posizione aristotelica come entità secondarie la cui esistenza dipende dagli intervalli (Hellman and Shapiro 2012: 265).

La visione aristotelica del continuum è un'alternativa alla visione classica. Pensare agli intervalli come le entità fondamentali del continuum ci può aprire la strada verso una rappresentazione alternativa di tutto ciò che è continuo. In particolare, rappresentare il tempo in questo modo può offrire un modo diverso di vedere il problema dell'istante del cambiamento. Aristotele stesso aveva affrontato il problema dell'istante del cambiamento. Nel paragrafo successivo vorrei esaminare la posizione aristotelica sull'istante del cambiamento e determinare se la soluzione che ci viene offerta possa essere considerata una proposta valida.

2.2. Istante del cambiamento: Aristotele e arbitrarietà

Aristotele, oltre ad aver proposto una soluzione ai paradossi di Zenone, ha anche affrontato il problema dell'istante del cambiamento. Secondo Sorabji (1976) Aristotele avrebbe proposto una soluzione al problema.

È necessario premettere che Aristotele fa due principali assunzioni nei confronti del cambiamento. La prima assunzione è che esistono soltanto quattro tipi di cambiamento: cambiamento di qualità, di luogo, di taglia e di creazione o distruzione di sostanza. La seconda assunzione è che tutti i cambiamenti sono dei processi graduali (Sorabji and Kretzmann 1976).

Prima di affrontare il problema dell'istante del cambiamento Aristotele porta un argomento secondo cui non si può determinare se un oggetto sia in movimento o meno in un istante. Successivamente viene discusso un caso in cui Aristotele sembra ammettere che esista un istante in cui il cambiamento avviene (Sorabji and Kretzmann 1976).

L'argomento più conosciuto è quello in cui Aristotele sostiene che non è possibile parlare di movimento in un istante. Nella visione aristotelica il movimento è concepito come occupare spazi diversi in momenti distinti; un istante, avendo durata nulla, non può contenere movimento in quanto non contiene momenti distinti (Sorabji and Kretzmann 1976). Qui è necessario fare una precisazione: Aristotele riconosce molte cose che possono essere vere ad un istante come per esempio *essere* bianco. Ciò che viene negato è che un oggetto non può *rimanere* o *cambiare* in un istante poiché questo ha durata nulla e il cambiamento si verifica in un tempo esteso (Sorabji and Kretzmann 1976).

Sorabji (1976) individua un punto in cui Aristotele discute un caso di cambiamento. Quella che viene delineata attraverso questa discussione, più che essere una posizione esplicitamente sostenuta da Aristotele, sembra essere implicata da alcuni passi della Fisica (Sorabji and Kretzmann 1976). Aristotele discute il cambiamento di una superficie da non-bianca a bianca. Il problema è capire cosa succede al confine tra l'intervallo in cui la superficie è non-bianca e quello in cui è bianca. Ciò che sembra essere implicato da Aristotele è che non esiste un ultimo istante in cui la superficie è non-bianca ma esiste un primo istante in cui è bianca (Sorabji and Kretzmann 1976). Il problema è esattamente la controparte spaziale di quello dell'istante del cambiamento. Se estrapoliamo dalla soluzione aristotelica, dobbiamo concludere che, per Aristotele, esiste un istante, *i.e.*

l'istante del cambiamento, che è sia l'ultimo istante del primo intervallo che il primo istante del secondo intervallo. Tuttavia, per non rinunciare al principio di non contraddizione, Aristotele deve insistere che all'istante del cambiamento si dà soltanto uno dei due stati (Sorabji and Kretzmann 1976).

Sorabji (1976) propone di risolvere il problema dell'istante del cambiamento sostenendo una visione simile a quella presupposta dal secondo argomento di Aristotele: nei casi in cui il cambiamento sia asimmetrico è legittimo assumere che al momento del cambiamento si dia solo uno dei due stati. Per argomentare in favore di questa posizione Sorabji (1976) prende in considerazione il caso del passaggio dal movimento al riposo. Questo caso è considerato asimmetrico perché nel primo stato, il movimento, si occupano costantemente diverse posizioni, mentre nel secondo stato, il riposo, si occupa sempre la stessa posizione. Poiché esiste questa asimmetria tra le diverse posizioni occupate possiamo considerarlo un cambiamento asimmetrico (Sorabji and Kretzmann 1976). Sorabji (1976) procede poi ad argomentare che in casi simili è legittimo assumere un trattamento simile a quello adottato da Aristotele: non esiste un ultimo momento in cui si è in movimento ma esiste un primo momento in cui si è a riposo.

Non è rilevante discutere se effettivamente quella individuata da Sorabji (1976) sia una posizione sostenuta da Aristotele. Può essere di interesse, invece, discutere perché, secondo Priest, una soluzione di questo tipo non sia adatta per risolvere il problema.

Priest (2017) riconosce diversi tipi di cambiamento che si possono presentare nell'istante del cambiamento. Sostanzialmente esistono tipi di cambiamento simmetrici e asimmetrici. Priest riconosce che cambiamenti diversi possono essere trattati in modo differente, tuttavia, è desiderabile mirare ad una soluzione che abbia un certo grado di generalità. Per trattare il problema nel modo più generale possibile i casi asimmetrici sembrano essere la strada errata poiché si finisce per essere arbitrari nella scelta di che stato considerare vero al momento del cambiamento.

Sorabji (1976) sostiene che adottare una soluzione arbitraria al problema dell'istante del cambiamento non costituisce un problema né per il discorso scientifico né per il discorso ordinario. La soluzione proposta da Sorabji (1976) può risultare adeguata per alcuni tipi di discorso; tuttavia, osservando la questione del cambiamento da un punto di vista metafisico, ammettere che solamente uno dei due stati si realizza al momento del cambiamento sembra alquanto strano, inoltre riduce il problema ad una semplice questione di convenzione.

In conclusione, non è importante determinare la corretta interpretazione di Aristotele ma è importante che il problema dell'istante del cambiamento non venga risolto semplicemente attraverso una soluzione arbitraria. Priest (2017) porta diversi argomenti a favore del fatto che la questione dell'istante del cambiamento sia simmetrica. In particolare, una motivazione che lascia intendere che l'asimmetria non sia la strada giusta da seguire è condivisa da Sorabji (1976), Priest (2017) e Littmann (2012). Tutti e tre questi filosofi riconoscono che alcuni cambiamenti sono asimmetrici; in questi casi spesso ci sono delle ragioni che ci permettono di suppore, per esempio, come nel caso esposto da Sorabji (1976), che non esiste un ultimo momento dello stato precedente ma esiste un primo momento dello stato successivo; il problema risiede nel fatto che spesso, nello stesso caso, possiamo anche avere ragioni per supporre che accada il contrario. Questo lascia intendere che i casi asimmetrici possano essere risolti in entrambi i modi, il che riduce il problema ad una semplice questione di convenzione. Dunque, è possibile sostenere che l'istante del cambiamento vada risolto, almeno in certi casi, attraverso una soluzione asimmetrica; tuttavia, possiamo considerare questo tipo di soluzione poco attraente da un punto di vista filosofico in quanto risulteremmo arbitrari nella decisione.

Le idee di Aristotele possono aiutare a considerare il problema dell'istante del cambiamento da una prospettiva nuova. Come mostrato in questo paragrafo, le idee e gli argomenti di Aristotele sono molti e vi sono dubbi in letteratura sulla validità di almeno alcuni di essi. Le idee di Aristotele che sono state riprese nella recente letteratura sono la concezione del continuum come composto da intervalli e non da punti, e l'idea che il cambiamento non possa avvenire in un istante inesteso. Di queste due idee, quella che riguarda del continuum è stata sviluppata in modo rigoroso da Hellman and Shapiro (2013) e, come vedremo, può essere usata per offrire una soluzione al problema dell'istante del cambiamento.

Capitolo 3

3.1. La proposta di Hellman e Shapiro in generale

Hellman e Shapiro (2013) espongono una visione alternativa del continuum che riprende alcune idee aristoteliche a proposito delle entità continue. In particolare, essi vogliono catturare l'idea che il continuum è *viscoso* o *senza cuciture*; questa non è una nozione formale, e tuttavia riesce a darci un'idea di come questo continuum aristotelico sia caratterizzato (Hellman and Shapiro 2013: 1). Questa nozione intuitiva porta Aristotele ad attribuire due principali proprietà formali al continuum (Hellman and Shapiro 2013: 1).

Per rendere il continuum viscoso la prima proprietà che Aristotele attribuisce al continuum è quella di "essere senza punti". Egli sosteneva che un'entità è continua se ogni sua parte ha, a sua volta, parti proprie; data questa caratterizzazione della continuità i punti non possono essere parti del continuum in quanto sono indivisibili (Hellman and Shapiro 2013: 1). La continuità aristotelica può anche essere caratterizzata come un tipo di contiguità. Due entità sono contigue se sono in successione tra loro e non c'è nulla tra di loro; per esempio, due libri riposti in una libreria sono considerati contigui: essi sono in successione e non c'è nulla tra di loro, inoltre mantengono i propri confini e rimangono due interi separati (Hellman and Shapiro 2013: 2). Il continuo è un particolare tipo di contiguo nel senso che due entità sono continue se i loro confini, nel momento in cui si toccano, si dissolvono e si ottiene un unico intero (Hellman and Shapiro 2013: 2). A questo punto si può intuire con maggiore precisione cosa significa per continuum essere "viscoso": un continuum composto da indivisibili, per quanto questi possano essere densi, non risulterà "liscio" ma, piuttosto, "granulare" in quanto possiede delle parti ultime che non si "uniscono" per diventare un'unità. Rispetto ai punti è necessario precisare che nella visione aristotelica essi hanno, in realtà, un ruolo: essi sono i luoghi in cui una linea può essere potenzialmente divisa o i limiti di un segmento; per Aristotele questi punti non esistono in modo attuale ma soltanto come potenziali punti di divisione o confine (Hellman and Shapiro 2013: 2).

La seconda proprietà che sembra fondamentale per ottenere la viscosità è quella di *indecomponibilità*. L'intuizione alla base di questa proprietà è che ciò che è continuo non possieda "cuciture" e che non può essere diviso precisamente in due parti. Nella visione aristotelica è rintracciabile una forma debole di indecomponibilità nella concezione dei confini: quando spezziamo il continuum in due creiamo qualcosa di nuovo, cioè il punto in cui lo abbiamo diviso; questo significa che non possiamo dividere il continuum senza creare qualcosa di nuovo (Hellman and Shapiro 2013: 3). Anche altre concezioni moderne del continuum lo caratterizzano come indecomponibile: secondo la concezione di Dedekind-Cantor se consideriamo un linea o un segmento A non esisteranno due regioni non vuote e disgiunte B e C la cui unione risulterà in A; altre concezioni della continuità, come la *smooth infinitesimal analysis* e la *intuitionistic analysis*, non permettono di dividere precisamente un intervallo in due perché "lasceremmo qualcosa fuori", la metafora solitamente usata è quella della lama del coltello alla quale, nel momento in cui taglia, qualcosa rimane attaccato (Hellman and Shapiro 2012: 269, 2013: 3). Anche nella concezione classica di Dedekind-Cantor è possibile rintracciare una forma di indecomponibilità: considerata una linea *A* non si dà mai il caso che l'unione di due insiemi aperti o due insiemi chiusi risulti in *A* (Hellman and Shapiro 2013).

Riassumendo, se vogliamo seguire le intuizioni aristoteliche e caratterizzare il continuum come viscoso dobbiamo attribuire due caratteristiche principali al continuum: non essere composto da punti ed essere indecomponibile. La concezione del continuum senza punti è pienamente aristotelica anche se, come evidenziano anche Hellman e Shapiro (2013), Aristotele riconosce in una certa misura i punti. L'indecomponibilità, invece, sembra essere una caratteristica che viene attribuita più universalmente al continuum tanto che sia Aristotele che le concezioni moderne attribuiscono questa proprietà alle entità continue.

Per ottenere un continuum viscoso Hellman e Shapiro (2013) recuperano l'idea aristotelica che il continuum non è composto da punti. Nonostante venga recuperata questa idea generale da Aristotele ci sono delle differenze. Una prima differenza è che Aristotele riconosce che i punti possano essere parti del continuum anche se solo potenzialmente; Hellman e Shapiro (2013), invece, non accettano in nessun senso che i punti possano essere parti del continuum. Un'ulteriore differenza risiede nell'utilizzo dell'infinito: Aristotele rifiuta il concetto di infinito attuale che, invece, è stato recuperato da Cantor e Dedekind e viene utilizzato anche da Hellman e Shapiro (2013). Per questo

motivo questa concezione del continuum senza punti è definibile come *semi-aristotelica* (Hellman and Shapiro 2013: 5).
Invece, nei confronti dell'indecomponibilità, esistono differenze sia dalla posizione aristotelica che da quella moderna; entrambe queste concezioni attribuiscono questa caratteristica al continuum che, invece, viene rifiutata da Hellman e Shapiro (2013); dunque, sarà possibile affermare che per ogni intervallo *i* esistono due intervalli congruenti e adiacenti tali che la loro somma è uguale a *i*.
Riassumendo, Hellman e Shapiro (2013) propongono di assiomatizzare il continuum in modo che questo risulti viscoso. Per sviluppare questa concezione essi utilizzano alcune idee moderne e alcune idee aristoteliche. Tuttavia, il continuum che risulta da questa assiomatizzazione presenta differenze sia rispetto al continuum classico di Dedekind-Cantor sia rispetto a quello senza punti di Aristotele. La differenza maggiore rispetto alle concezioni moderne è che quella di Hellman e Shapiro (2013) non considera i punti come parti del continuum; rispetto alla posizione aristotelica, invece, le differenze maggiori riguardano l'utilizzo dell'infinito attuale e la concezione dei punti.

3.2. L'assiomatizzazione del continuum senza punti

Hellman e Shapiro (2013) propongono un sistema assiomatico che cattura l'idea di un continuum in cui i punti non compaiono come entità fondamentali.
Come primo passo vengono presentati due assiomi riguardanti le due principali relazioni mereologiche tra gli intervalli.

> **Assioma 1a.** La relazione $x \leq y$ ("x è parte di y") è *riflessiva*, *anti-simmetrica* e *transitiva*.

L'altra relazione mereologica è la "sovrapposizione": $x \circ y$ ("x è sovrapposto a y"). $x \circ y$ è definito in questo modo: $x \circ y \Leftrightarrow^{def} \exists z(z \leq x \,\&\, z \leq y)$.

> **Assioma 1b. su ≤ e ∘:** $x \leq y \leftrightarrow \forall z[z \circ x \rightarrow z \circ y]$.

Da questi due assiomi è possibile inferire il primo teorema:

> **Teorema 2.1**: gli assiomi **1a** e **1b** implicano il *principio di estensionalità*:
> $x = y \leftrightarrow \forall z[z \circ x \rightarrow z \circ y]$.

Il secondo assioma del sistema è il seguente:

> **Assioma 2. Fusione o comprensione totale:** $\exists u\Phi(\mathrm{u}) \rightarrow [\exists x \forall y\{y \circ x \leftrightarrow \exists z(\Phi(z) \wedge z \circ y)\}]$. Φ è un predicato del linguaggio del secondo ordine che non ha *x* libere.

L'**assioma 2.** è l'unico assioma in cui compare un predicato del linguaggio del secondo ordine; in particolare, questo è l'unico assioma in cui si presenta l'infinito attuale in quanto si considera la somma di infinite pluralità di regioni; applicando la fusione alla pluralità di tutte le regioni avremo una regione "universale" che ha tutte le altre regioni come sue parti (Hellman and Shapiro 2012: 272). Questa regione universale, che è il

continuum inteso nella sua interezza, sarà denominata G (da *gunky*); successivamente sarà possibile introdurre un assioma che assicura che G non abbia nessun punto.
A questo punto possono essere esplicitati altri assiomi mereologici che arricchiscono la mereologia di questo sistema. Possiamo definire la *somma mereologica* $(x + y)$, l'*incontro* $(x \wedge y)$, la *discretezza* $(x|y)$ e, infine, la *non-sovrapposizione* $(x - y)$:

a) *Somma mereologica*: $\forall z[z \circ x + y \leftrightarrow (z \circ x \vee z \circ y)]$ (con $\sum_{n=0}^{\infty} x_n$ si indica la fusione infinita di cose).
b) *Incontro di x e y*: se $\exists z(z \leq x \wedge z \leq y)$ allora possiamo scrivere $x \wedge y$ per l'*incontro* tra x e y che soddisfa: $\forall z[z \circ x \wedge y \leftrightarrow (z \circ x \ \& z \circ y)]$.
c) *Discretezza di x e y*: $\neg\exists z(z \leq x \ \& z \leq y)$.
d) *Non-sovrapposizione* (questa è la parte di *x* che non è sovrapposta a *y*): $\forall z[z \circ x - y \leftrightarrow (z \circ x \ \& \neg(z \circ y))]$.

Fino a questo punto sono state definite le relazioni mereologiche tra le parti del continuum. Oltre a queste è necessario introdurre anche delle relazioni spaziali.
La relazione geometrica primitiva è *L(x, y)* che significa "x è interamente alla sinistra di y". *L* è *irriflessiva, asimmetrica e transitiva*. Possiamo anche la definire *R(x, y)* che significa " x è interamente a destra di y" con le stesse proprietà di *L*.
L obbedisce ai seguenti assiomi:

Assioma 3a. $L(x, y) \ \vee R(x, y) \rightarrow x|y$
Assioma 3b. $L(x, y) \leftrightarrow \forall z, u[z \leq u \ \& \ u \leq y \rightarrow \ L(z, u)]$

Ora che *L* è stato definito è possibile introdurre un'ulteriore relazione geometrica importante: *Betw(x, y, z)* che significa "y è interamente in mezzo tra x e z" ed è definita nel modo seguente:

$$Betw(x, y, z) \Leftrightarrow^{df} [L(x, y) \ \& \ R(z, y)] \ \vee \ [L(z, y) \ \& \ R(\ x, y)]$$

Inoltre, attraverso **3a** e **3b**, possiamo inferire che:

$$Betw(x, y, z) \rightarrow x|y \,\&\, y|z \,\&\, x|z$$

$$Betw(x, y, z) \,\&\, Betw(u, y, z) \rightarrow Betw(u, y, z)$$

Anche le relazioni geometriche tra le parti sono state definite. Possiamo, a questo punto, iniziare a definire alcune proprietà fondamentali del continuum. La prima proprietà che possiamo definire è quella di *connessione*. Per una parte di G essere connessa significa:

$$Conn(x) \Leftrightarrow^{df} \forall y, z, u[z, u \leq x \,\&\, Betw(z, y, u) \rightarrow y \leq x]$$

Possiamo poi definire cosa significa per una parte connessa di G essere anche *limitata*

$$Bounded(p) \Leftrightarrow^{df} \exists x, y[Conn(x) \,\&\, Conn(y) \,\&\, Betw(x, p, y)]$$

Una regione connessa e limitata è un intervallo *Int(j)*. Dal momento che non ci sono punti non è possibile definire un intervallo *aperto*, *chiuso* o *mezzo aperto* (Hellman and Shapiro 2013: 7).
Attraverso *L* possiamo definire l'assioma di *dicotomia* per intervalli discreti:

> **Assioma 4. (Dicotomia)**: $\forall i, j[i, j \text{ } are \text{ } two \text{ } discrete \text{ } intervals \rightarrow (L(i, j) \vee L(j, i))]$.

A questo punto è possibile dimostrare il teorema che assicura che il continuum sia *lineare*.

> **Teorema 2.2**: Considerati tre intervalli a coppie discreti x, y, z esattamente uno di questi sarà in mezzo agli altri due.

Dopo aver introdotto questo teorema possiamo introdurre uno degli assiomi più importanti di questo sistema. Il seguente assioma ci assicura che non esistano atomi nel nostro continuum e che intervalli arbitrariamente piccoli possano essere istanziati in qualsiasi punto del continuum (Hellman and Shapiro 2013: 7).

> **Assioma 5. (Gunkyness)** $\forall x \exists j[int(j) \,\&\, j < x]$.

A questo punto è possibile definire altre due importanti relazioni tra intervalli. La prima è la relazione di *adiacenza*:

$$Adj(j,k) \Leftrightarrow^{df} j|k \,\&\, \nexists m[Betw(j,m,k)]$$

L'altra importante relazione tra due intervalli è quella di *congruenza*. Intuitivamente, quando due intervalli si trovano nelle relazione *Cong*(i,j) significa "i e j hanno la stessa lunghezza". Questo può essere scritto anche nella forma $|i| = |j|$ (Hellman and Shapiro 2013: 8)[3]. Assunto che due intervalli possono essere adiacenti e congruenti diventa possibile definire un ulteriore assioma:

> **Assioma 6. (Traslazione):** Dati due intervalli i e j ognuno di essi è equivalente ad un intervallo sia sinistro che destro dell'altro.

Questo assioma cattura l'idea che un qualsiasi intervallo di qualsiasi lunghezza possa essere istanziato ovunque lungo G.

L'ultimo assioma riguarda la relazione di congruenza; in particolare questo assioma ci dice che la congruenza rispetta la somma nominalistica di intervalli adiacenti (Hellman and Shapiro 2013: 8):

> **Assioma 7. (Additività):** Dati gli intervalli *i, j,* $i,^1$ j^1 tali che $Adj(i,j)$, $Adj(i^1,j^1)$, $Cong(i,j)$, $Cong(i^1,j^1)$, allora $Cong(k,k^1)$ dove $k = i + j$ e $k^1 = i^1 + j^1$.

Dati questi assiomi possiamo inferire immediatamente due teoremi:

> **Teorema 2.4 (tricotomia)**: per ogni due intervalli i, j o $|i| = |j|$ o $|i| > |j|$ $|i| < |j|$.

[3] Hellman e Shapiro (2013) non danno una definizione di |i| considerato in isolamento ma soltanto in determinati contesti. Contestualmente è possibile definire $|i| < |j|$ come $\exists j^1[j^1$ è $un\ intervallo$ & $j^1 < j$ & $Cong(i,j^1)]$.

Teorema 2.5 (doppia infinità): dato un intervallo i esistono esattamente due intervalli j, k tali che $Cong(i, j)$, $Cong(i, k)$, $Adj(i, j)$, $Adj(i, k)$, e o j o k è a destra di *i* mentre l'altro è a sinistra.

Il teorema **2.4** ci assicura che dati due intervalli questi possono stare in quelle tre possibili relazioni. Il teorema **2.5** ci assicura che G sia infinito perché può essere iterato; possiamo definire un'immediata bi-estensione di un intervallo *i* come $Biext(i) = l$ quando $l = i + j + k$ dove i, j e k si comportano come nel **teorema 2.5** (Hellman and Shapiro 2013: 9). Per potere definire il teorema successivo è necessario definire $i*$; questo è definito nel *lemma 2.7* il quale dice che "Per l'assioma 2, c'è un individuo che è la parte comune delle fusioni di ogni classe *X* che è la chiusura di *i* sotto bi-estensionalità; chiameremo il loro incontro o la chiusura minima $i*$ di *i* sotto bi-estensionalità. (Dal momento che è stipulato che *i* appartiene ad ogni X l'incontro sarà non nullo, come richiesto dalla mereologia)"[4]. Questo lemma prova che la chiusura minima $i*$ esiste; la chiusura minima ci comunica che G ha come parte la chiusura minima di ogni intervallo (Hellman and Shapiro 2013: 9).
Data questa definizione di $i*$ possiamo esplicitare il teorema **2.8**.

Teorema 2.8 (caratterizzazione di G): sia G la fusione degli oggetti nel range dei quantificatori dei nostri assiomi; allora $G = i^*$ è la fusione della minimal closure (chiusura minima) di *i* sotto bi-estensionalità.

È, infine, possibile provare anche il teorema **2.9** il quale ci dice che ogni intervallo può essere diviso a metà in un unico punto.

Teorema 2.9 (esistenza e unicità delle bi-sezioni): dato ogni intervallo i esisteranno due intervalli j, k tali che $j < i$, $k < i$ e $j|k \,\&\, j + k = i$, $Cong(j, k)$ e j e k sono unici ad avere queste proprietà.

Questo sistema assiomatico insieme ai teoremi che è possibile derivare ci permettono di caratterizzare un continuum di cui i punti non sono parti mereologiche. Tra tutti gli

[4] Hellman and Shapiro 2013: 9.

assiomi e i teoremi è possibile rintracciarne alcuni che risultano particolarmente importanti. Il primo assioma di cui appare evidente l'importanza è l'**assioma 5** il quale, sostanzialmente, ci assicura che il nostro continuum sia senza atomi, cioè che intervalli arbitrariamente piccoli possano essere istanziati ovunque lungo G (Hellman and Shapiro 2013: 7). L'**assioma 2**, invece, ricattura un'importante differenza rispetto alla concezione aristotelica; questo assioma ci permette di fare riferimento all'infinito attuale, esplicitamente rifiutato da Aristotele, in quanto si considerano pluralità infinite di regioni (Hellman and Shapiro 2012: 272).

Tra i teoremi il **teorema 2.5** è importante perché ci assicura che il continuum sia infinito sia verso destra che verso sinistra per ogni intervallo arbitrario che possiamo scegliere; per fare questo è sufficiente iterare all'infinito il teorema (Hellman and Shapiro 2013: 9). Anche il **teorema 2.9** ha un'importanza notevole. La prima cosa che possiamo notare è che questo ammette che il continuum sia decomponibile in quanto ci dice che ogni intervallo può essere precisamente rotto in due parti uguali; possiamo dividere un intervallo in due parti discrete senza creare nulla di nuovo, come per Aristotele, e senza escludere niente, come nelle concezioni moderne del continuum (Hellman and Shapiro 2012: 269). Inoltre, questo teorema ci permette di recuperare la struttura del continuum classico a partire dal continuum senza punti. La ripetuta applicazione di questo teorema ci permette, preso un intervallo arbitrario *i*, di dividerlo infinite volte; questo rende possibile approssimare qualsiasi luogo preciso lungo G (Hellman and Shapiro 2013: 11). L'idea è che possiamo considerare un luogo esatto lungo G come una *sequenza di Cauchy* di intervalli decrescenti; in questo modo possiamo definire un luogo su G come un punto (Hellman and Shapiro 2013: 11). Facendo questo vengono riconosciuti i punti, tuttavia, è necessario precisare che questi non vanno in nessun modo considerati come parti proprie del continuum o che stiano in qualche relazione mereologica con gli intervalli; il modo corretto di interpretare questi punti è come una *superstruttura* che possiamo imporre su G (Hellman and Shapiro 2013: 11). L'impiego principale di questa idea è quello di recuperare il continuum classico; in particolare diventa possibile recuperare la struttura dei numeri reali costruendo una corrispondenza biunivoca tra i punti che possiamo individuare con il **teorema 2.9** e i numeri reali

Riassumendo, l'assiomatizzazione proposta da Hellman e Shapiro (2013) riesce a formalizzare un continuum le cui parti sono solamente regioni; i punti non sono in nessun senso parte di esso. Questa concezione del continuum si rifà apertamente ad Aristotele che lo aveva concepito in modo simile; nonostante ciò, le differenze emergono in particolare attraverso l'**assioma 2** e il **teorema 2.9**. Questa concezione del continuum può essere applicata a tutte quelle entità che sono continue. Applicare questa concezione del continuum al tempo si rivelerà molto utile per poter vedere il problema dell'istante del cambiamento da una prospettiva diversa.

Capitolo 4

4.1. Continuum gunky e istante del cambiamento

Nel primo paragrafo del primo capitolo ho esposto il problema dell'istante del cambiamento. Le origini di questo problema possono essere ricondotte ai Greci, i quali dibattevano principalmente sull'esistenza del cambiamento (Mortensen 2020); Zenone ed Aristotele sono due importanti esponenti del dibattito greco sul cambiamento. I paradossi sviluppati da Zenone riguardano il cambiamento ma non coinvolgono esplicitamente il problema dell'istante del cambiamento. Aristotele, invece, nella Fisica sembra identificare con maggiore precisione il problema e offre alcune potenziali soluzioni (Sorabji and Krezmann 1976). Il dibattito moderno ha poi dato una forma ancora più precisa al problema che, sostanzialmente, è quella esposta da Priest (2006, 2017).

Data la longevità del problema esistono diverse trattazioni e potenziali soluzioni fondate su diverse concezioni del cambiamento. Vorrei prendere in considerazione soltanto alcune di queste visioni che sono quella aristotelica, quella cinematica e quella dialeteista. La visione aristotelica è antica mentre le altre due sono concezioni moderne. La visione aristotelica, ovviamente, prende le mosse dalle idee di Aristotele a proposito del cambiamento. La visione cinematica si fonda su un'idea di senso comune ma può essere ricondotta a Russel il quale ne ha dato la prima formulazione rigorosa (Priest 1985); la visione dialeteista è stata proposta da Priest il quale si è ispirato alle idee di Hegel sul movimento[5].

Queste proposte possono apparire molto eterogenee ma è possibile rintracciare un elemento su cui poterle confrontare: la topologia del tempo. La topologia del tempo riguarda la struttura della linea temporale (Markosian 2020); per il presente confronto ci interessa una caratteristica in particolare, cioè quali sono le parti che compongono la linea. Possiamo distinguere tra le teorie che assumono che il tempo è composto da istanti e quelle che assumono che il tempo è composto da intervalli. La visione cinematica e quella dialeteista assumono che il tempo sia composto da istanti; in questo caso il tempo avrà una struttura isomorfa al continuum classico che è composto da punti. La visione

[5] Nell'articolo "Inconsistencies in Motion" Priest si riferisce direttamente alla concezione del movimento di Hegel il quale, secondo Priest, concepisce il movimento come una contraddizione realizzata.

aristotelica, invece, assume che il tempo sia composto da intervalli; in questo caso gioca un ruolo fondamentale la concezione di Aristotele del continuum.

Nel primo capitolo di questo elaborato ho tentato di sintetizzare il dibattito tra la visione dialeteista e quella cinematica; dal confronto tra queste due visioni si può evidenziare che entrambe implicano svariati problemi. Dal momento che queste concezioni del cambiamento si rivelano problematiche emerge la necessità di valutare una concezione alternativa; inoltre, queste due visioni sul cambiamento condividono la stessa struttura temporale, e dunque è legittimo pensare che i problemi a cui vanno incontro siano legati anche a questa assunzione. Assumere una struttura temporale differente, come fatto da Aristotele, può risultare in una trattazione migliore del problema. Tuttavia, come tenterò di evidenziare in seguito, la prospettiva aristotelica non è risolutiva; per questo motivo la posizione di Aristotele va considerata come un punto di partenza per sviluppare una concezione del tempo senza istanti.

4.2. Proposte classiche e continuum puntiforme

Nel paragrafo precedente ho evidenziato l'esistenza di concezioni del cambiamento che si basano su topologie del tempo differenti. Le concezioni cinematica e dialeteista del cambiamento assumono che il tempo sia composto da istanti temporali e che il continuum classico sia il modello più adatto a rappresentare la struttura di questi istanti. Il continuum classico è stato sviluppato da Dedekind e Cantor, i quali lo hanno concepito come un insieme di punti che possono essere messi in una corrispondenza biunivoca con i numeri reali. Dal momento che le concezioni cinematica e dialeteista sono basate sul continuum classico possiamo denominarle "classiche".

Se il tempo è composto da istanti allora avremo quattro possibili tipi di cambiamento. Priest (2017: 218, nota 4) assume apertamente che il modello del tempo che prende in considerazione è basato sul continuum classico; partendo da questa concezione del tempo individua 4 possibili tipi di cambiamento:

A) Al momento t solo α è vero.
B) Al momento t solo $\neg\alpha$ è vero.
Γ) Al momento t né α né $\neg\alpha$ sono veri.
Δ) Al momento t sia α che $\neg\alpha$ sono veri.

La visione cinematica e quella dialeteista assumono che esista uno di questi quattro tipi di cambiamento. In particolare, la visione cinematica vuole che esistano cambiamenti di tipo A o B; la visione dialeteista, invece, vuole che esistano cambiamenti di tipo Δ.

La visione cinematica si adatta molto bene alla tesi che il tempo sia composto da istanti. L'idea fondamentale su cui si basa questa visione è che il cambiamento è semplicemente una questione di avere proprietà diverse in tempi diversi (Pickup 2022). Questa idea sembra, almeno intuitivamente, evitare che sorga il problema dell'istante del cambiamento perché esclude che il cambiamento avvenga *in* un istante – il cambiamento emerge solo quando si considerano le *transizioni* tra istanti.

In realtà, se assumiamo che il tempo sia strutturato come il continuum classico, ciò non è sufficiente ad evitare il problema. Consideriamo una retta che rappresenta il tempo; prendiamo un punto t di questa retta e supponiamo che prima di t un oggetto sia Q e dopo

t sia $\neg Q$; appare chiaro che, se prendiamo un punto t^1, che precede t, e un punto t^2, che segue t, ci accorgiamo che è avvenuto un cambiamento perché possiamo osservare che si è passati da Q a $\neg Q$. Questo non è problematico. Il problema emerge se tentiamo di dividere la retta sul punto t così da trovare l'intero periodo lungo cui Q è vero e l'intero periodo lungo cui $\neg Q$ è vero. Il continuum di Dedekind-Cantor è indecomponibile, dunque, il punto t potrà appartenere ad uno solo dei due intervalli in cui può essere diviso il continuum (Hellman and Shapiro 2013: 3); dunque, dal momento che il punto t può essere attribuito solamente ad una metà, seguirà che in quell'istante o solo Q o solo $\neg Q$ potrà essere vero (Pickup 2022). Questo porta ad una asimmetria tra i due intervalli: un intervallo avrà un punto limite mentre l'altro no; da un punto di vista del cambiamento questo significa che ci sarà un ultimo istante in cui l'oggetto è Q e non un primo istante in cui l'oggetto è $\neg Q$ (ovviamente può essere anche il caso opposto in base a quale dei due intervalli attribuiamo t). Facendo riferimento ai tipi di cambiamento individuati da Priest (2017), quelli adottati dalla visione cinematica saranno i cambiamenti di tipo A o di tipo B. Il problema di questa visione è che, siccome il punto di divisione appartiene solamente ad un intervallo, è arbitrario decidere a quale intervallo attribuirlo (Pickup 2022).

La visione dialeteista del cambiamento è una visione alternativa a quella cinematica, sempre basata sul continuum classico, che mira a risolvere il problema dell'arbitrarietà; la caratteristica principale di questa proposta è che il cambiamento è concepito come una contraddizione (Priest 1985). Ammettendo una contraddizione vera, secondo Priest (1985, 2017), è possibile superare il problema dell'arbitrarietà. L'idea è che, se ammettiamo l'esistenza di contraddizioni vere, allora possiamo legittimamente dire che al momento t sia $\neg Q$ che Q sono veri; dunque, non dovremo decidere cosa ritenere vero al momento t. Priest (2017) individua un ulteriore vantaggio della visione dialeteista: possiamo legittimamente considerare il cambiamento come un flusso; Priest (2017) sostiene che, nella visione cinematica, il cambiamento avviene solamente perché uno stato di cose ne sostituisce un altro. Secondo Priest (2017) questo è piuttosto strano e controintuitivo da pensare; sembra più intuitivo pensare che il cambiamento avvenga in modo più fluido; la visione dialeteista sembra riuscire a recuperare l'idea del cambiamento come un flusso in quanto riesce a "connettere" due stati differenti (Priest 2017). La visione dialeteista del cambiamento sembra risolvere alcuni problemi che emergono dalla proposta cinematica del cambiamento; tuttavia, la visione di Priest non è priva di problemi e punti controintuitivi. Un primo problema risiede proprio nell'ammettere l'esistenza di contraddizioni vere; nonostante sia possibile trattare le contraddizioni vere con rigore logico attraverso le logiche paraconsistenti questo non le rende qualcosa di facilmente accettabile. Un ulteriore problema riguarda il movimento; nella visione dialeteista possiamo definire il movimento ad un istante (Priest 1985) ma, come ho tentato di evidenziare nel paragrafo 1.2, questo è problematico in relazione alla teoria della relatività.

Esiste anche la possibilità di argomentare in favore dell'esistenza del cambiamento di tipo Γ, infatti esistono dei filosofi, come Pickup (2022), che sostengono questa posizione. Priest (2017) argomenta contro l'esistenza di cambiamenti di tipo Γ in quanto non permette di passare da uno stato ad un altro. Oltre alla critica di Priest (2017), se riteniamo problematica la proposta dialeteista, in quanto richiede di rinunciare ad una delle regole logiche fondamentali, dovremmo riservare gli stessi dubbi nei confronti di questa proposta perché implica rinunciare alla bivalenza. Inoltre, anche questo tipo di cambiamento, come il tipo Δ, sembra, da un punto di vista fisico, abbastanza controintuitivo perché non è chiaro cosa significhi non essere in nessuno stato o in due stati contemporaneamente, soprattutto se si considerano stati mutualmente esclusivi.

Riassumendo, sia la prospettiva cinematica che quella dialeteista si rivelano essere due approcci possibili al problema ma alquanto problematici. I problemi che queste concezioni incontrano derivano, in larga parte, dal concepire il tempo come avente la stessa struttura del continuum classico. Ciò appare evidente dal momento che la visione cinematica deve i propri problemi al fatto che il continuum classico non può essere precisamente diviso in due parti; la visione dialeteista, invece, volendo mantenere la struttura del continuum di Dedekind-Cantor, per risolvere i problemi della visione cinematica deve assumere la verità di una contraddizione e ammettere che è possibile essere in movimento in un istante nullo. La struttura temporale assunta da queste visioni del cambiamento è il fulcro di molti dei loro problemi. Questo rende attraente la possibilità di assumere una struttura temporale differente.

Il primo ad aver formulato una concezione alternativa della continuità è stato Aristotele, il quale ha pensato che ciò che è continuo non possa essere composto da indivisibili. Il tempo può essere modellato su questa idea di continuità. Attraverso questa visione

alternativa Aristotele ha argomentato che il cambiamento può essere solamente qualcosa di temporalmente esteso e che non ha senso parlare né di cambiamento né di movimento in un istante; tuttavia, nonostante venga assunta una differente struttura temporale, in certi passi della fisica, sembra che Aristotele si avvicini ad una soluzione arbitraria al problema dell'istante del cambiamento (Sorabji and Kretzmann 1976). Questo accade perché Aristotele non rinuncia completamente ai punti che rimangono, in un certo senso, parti del continuum (Hellman and Shapiro 2013). Secondo la prospettiva di Aristotele, nel momento in cui dividiamo un intervallo, il punto di divisione diventa attuale e questo ripropone il problema di decidere a quale intervallo far appartenere il punto.
Dunque, la proposta di Aristotele non si rivela essere completamente risolutiva; tuttavia, essa pone le basi per lo sviluppo del continuum di Hellman e Shapiro (2013) che è *semi-aristotelico*; questa concezione del continuum rifiuta completamente i punti come parti di esso che sarà composto esclusivamente da intervalli. Pensare che il tempo abbia la stessa struttura di questo continuum ci può fornire un nuovo punto di vista sull'istante del cambiamento.

4.3. Il cambiamento nel continuum di Hellman e Shapiro

La concezione moderna del continuum è stata sviluppata da Dedekind e Cantor; questo continuum è caratterizzato come un insieme di punti che possiedono la stessa struttura dei numeri reali. Nel libro della Fisica Aristotele sviluppa una concezione differente della continuità; la particolarità della concezione aristotelica è che nega che il continuum possa essere composto da parti atomiche; questo risulta in una concezione di continuità che si discosta da quella classica perché assume che le parti che compongono il continuum siano intervalli e non punti.

Questa concezione del continuum viene sviluppata da Aristotele per risolvere i paradossi di Zenone. L'idea fondamentale di Aristotele è che non possiamo parlare di movimento, o di cambiamento, in un istante perché possono avvenire solo in un periodo di tempo esteso (Sorabji and Kretzmann 1976). In sostanza, se pensiamo che il tempo sia composto da istanti incorriamo negli stessi problemi in cui si è imbattuto Zenone.

Pensare che non possa esserci movimento, o cambiamento, in un istante sembra essere un'idea abbastanza intuitiva; invece, sembra controintuitivo pensare che un oggetto possa muoversi in un istante che ha, per definizione, durata nulla. Percorrere un qualsiasi spazio in un tempo nullo è impossibile a meno di ammettere la possibilità di una velocità infinita.

Il continuum sviluppato da Hellman e Shapiro (2013) prende le mosse dalle idee aristoteliche sulla continuità; in particolare viene ripresa l'idea che il continuum non possa essere composto da indivisibili, cioè parti atomiche. Partendo da questa idea Hellman e Shapiro (2013) sviluppano un continuum che è composto da intervalli e non ha atomi. Modellare il tempo su questo continuum ci permette di avere una concezione nuova del cambiamento.

Se non esistono i punti o gli atomi temporali il cambiamento non può più essere rappresentato nello stesso modo in cui veniva rappresentato basandosi sulle prospettive standard. Stando a Priest (2017), se assumiamo che il modello del tempo sia il continuum classico potremo identificare quattro tipi diversi di cambiamento; ognuno di questi tipi di cambiamento, indipendentemente dalla visione che lo assume come esistente, comporta il fatto che esiste un istante di transizione tra uno stato ed un altro. Se, invece, assumiamo che il tempo abbia la stessa struttura del continuum di Hellman e Shapiro (2013) avremo

un quadro differente: se non esistono atomi non esisteranno nemmeno istanti, dunque, non ci sarà un istante in cui avviene la transizione.
Dal momento che in questo modello del tempo non esistono gli istanti non esisterà nemmeno un istante di transizione tra uno stato ed un altro; questo, aggiunto al fatto che esistono solamente intervalli, ci porta a definire il cambiamento come qualcosa che avviene in un intervallo in cui c'è una variazione di stato. Questo significa che un intervallo in cui avviene un cambiamento possiede due sottointervalli confinanti tali che, preso un oggetto arbitrario, esso è $\neg Q$ in un sottointervallo e Q nell'altro.
Un'alta caratteristica che ci permette di fronteggiare senza particolari problemi il tema del cambiamento è la decomponibilità. Il continuum di Hellman e Shapiro (2013) è perfettamente decomponibile, il che significa che un intervallo, o il continuum stesso, possono essere divisi in due intervalli adiacenti ed equivalenti; la somma di queste due metà risulterà precisamente nell'intervallo di partenza.
Riassumendo, se il tempo è gunky il cambiamento sarà costituito da un intervallo in cui si registra una variazione di proprietà; questo intervallo può essere decomposto nelle sue parti proprie senza che questo sollevi alcun problema; inoltre, se rimettiamo insieme le parti, queste si comporranno risultando precisamente nell'intero di partenza.
Concludendo, dal momento che il cambiamento avviene in un intervallo temporale non sorge il problema del cambiamento istantaneo; inoltre, il fatto che gli intervalli e il continuum siano decomponibili è precisamente quello che era necessario per evitare il problema di decidere a quale intervallo assegnare il punto di rottura. Questo, tuttavia non è tutto per quanto riguarda il cambiamento; nel continuum di Hellman e Shapiro (2013) è possibile recuperare la struttura puntiforme che ci permette di avere chiarire alcune confusioni che possono facilmente generarsi se assumiamo che il tempo è gunky. L'obiettivo del prossimo paragrafo è quello di tentare di fare chiarezza sul fatto che l'assunzione del continuum gunky, in realtà, non ci preclude la possibilità di parlare di istanti.

4.4. Punti e istanti

La concezione dei punti di Hellman e Shapiro (2013) gioca un ruolo fondamentale nella concezione del tempo gunky in quanto ci permette recuperare la possibilità di parlare di istanti anche se assumiamo che il tempo sia composto solamente da intervalli estesi. Diventa, inoltre, possibile chiarire alcune confusioni che possono sorgere se assumiamo che il tempo sia gunky.

Hellman e Shapiro (2013) partono dalle idee aristoteliche sulla continuità per sviluppare il loro continuum; nonostante ciò, esistono delle differenze sostanziali con la concezione di continuità di Aristotele. La differenza principale riguarda i punti: Aristotele riconosce un ruolo dei punti nella continuità, cioè quello di limiti o potenziali punti di rottura di un intervallo (Hellman e Shapiro 2013: 2); Hellman e Shapiro (2013), invece, non riconoscono in nessun senso i punti come parti del continuum. La visione aristotelica dei punti sfocia nell'indecomponibilità del continuum che, come ho tentato di evidenziare nei paragrafi precedenti, ripropone il problema dell'istante del cambiamento perché si ripropone il problema di decidere a quale intervallo attribuire il punto di rottura. Hellman e Shapiro (2013) rinunciando a considerare i punti, in qualsiasi senso, come parti del continuum e riescono ad ottenere un continuum pienamente decomponibile.

Dunque, nel continuum di Hellman e Shapiro (2013), i punti non sono ammessi in nessun senso come parti; tuttavia, è possibile recuperare la possibilità di parlare di punti nonostante le parti proprie del continuum siano solamente intervalli. È necessario evidenziare che, nonostante la struttura dei punti possa essere recuperata, questi non entrano a far parte delle relazioni mereologiche con gli intervalli (Hellman and Shapiro 2013: 7); questo significa che possiamo considerare i punti come entità di livello superiore rispetto agli intervalli: esistono ma non sono parti del continuum. La proposta di Hellman e Shapiro (2013) è quella di considerare i punti come sequenze di Cauchy di intervalli decrescenti.

Se decidiamo di assumere che il tempo sia modellato sul continuum di Hellman e Shapiro (2013) allora è possibile applicare la loro concezione dei punti anche alla linea temporale; facendo corrispondere i punti agli istanti temporali possiamo recuperare la possibilità di riferirci agli istanti temporali anche se la nostra linea del tempo è composta solamente da intervalli. Possiamo, quindi, fare una prima osservazione: dall'assunzione che il tempo è senza atomi non segue che gli istanti non esistono ma soltanto che essi non sono parti della linea temporale (Spolaore 2017). Dal momento che gli istanti esistono non è contradditorio ammettere che ci sono eventi istantanei e negare che gli eventi, che occupano un tempo atomico, esistano (Spolaore 2017).

Possiamo, quindi, evidenziare un primo chiarimento: se assumiamo che il tempo sia gunky non segue che gli istanti non esistano. Può sembrare intuitivo concludere che, se il tempo è gunky, allora gli istanti non esistono, tuttavia, il continuum di Hellman e Shapiro (2013) dimostra che è possibile pensare il tempo come composto da intervalli senza rinunciare all'esistenza degli istanti.

Possono essere individuati degli ulteriori fraintendimenti che riguardano direttamente il cambiamento. Nel momento in cui il tempo è gunky il cambiamento dovrà essere considerato come un processo temporalmente esteso; questo può, ad un primo sguardo, portare a commettere due errori: il primo consiste nel pensare che esista una differenza ontologica tra quando l'oggetto è *in cambiamento* e tra quando è *già cambiato* o *non ancora in cambiamento*; il secondo consiste nel pensare che tutte le transizioni debbano essere temporalmente estese.

Cameron (2015: 184) presenta un argomento in cui assume che il tempo è gunky; questo argomento mira a dimostrare che il tempo gunky genera dei casi di indeterminatezza. Analizzando questo ragionamento possiamo individuare e sciogliere i rimanenti fraintendimenti.

L'argomento di Cameron (2015) può essere schematizzato come segue[6]. Le premesse sono le seguenti:

1) Il tempo è gunky.
2) I cambiamenti di esistenza sono sottoscritti dagli aristotelici "eventi di inizio di esistenza".
3) [Consideriamo un oggetto arbitrario A] C'è una differenza in come A è prima e dopo l'inizio dell'evento in cui A inizia ad esistere; l'inizio dell'evento di "inizio di esistenza" di A segna una differenza nello stato ontologico di A.

[6] La schematizzazione dell'argomento fa riferimento a Spolaore (2017).

Queste premesse conducono alla conclusione intermedia (IC):

(IC) nessun evento di "inizio di esistenza" è istantaneo.

Da IC si arriva alla conclusione:

(C) Devono esistere casi di esistenza indeterminata.

L'argomento di Cameron (2015) vuole mostrare che, se assumiamo che il tempo è gunky, allora dobbiamo accettare che esistano dei casi in cui l'esistenza è indeterminata. L'argomento può essere letto in due modi differenti in relazione a come interpretiamo l'evento di "inizio di esistenza"; questo può essere interpretato come un *traguardo*[7] oppure, in modo più astratto, semplicemente come una transizione da uno stato di non esistenza ad uno di esistenza (Spolaore 2017).
Se consideriamo la prima lettura, l'evento di "inizio di esistenza" è un *traguardo* e ciò rende vera la conclusione intermedia IC; questo perché un *traguardo* è un'attività temporalmente estesa con un culmine (Vendler 1957). Per passare da IC a C è necessario utilizzare l'assunzione 3 secondo la quale l'evento di "inizio di esistenza" segna una differenza nello stato ontologico dell'oggetto rispetto a come era prima dell'inizio dell'evento di "inizio di esistenza". Consideriamo un *traguardo* come, per esempio, la costruzione di una casa; nel momento in cui inizia la costruzione della casa ci sembra intuitivo dire che la casa non esiste fino al completamento di questa; dunque, non c'è nessuna differenza tra come la casa è prima dell'inizio dell'evento di "inizio di esistenza" e come è durante la costruzione (Spolaore 2017). Quindi, l'assunzione 3 non deve necessariamente essere vera se leggiamo l'evento di "inizio di esistenza" come un *traguardo* (Spolaore 2017).
È possibile fare una precisazione ulteriore per quanto riguarda l'assunzione 3. Cameron (2015: 184-185) lascia intendere che 3 sia una conseguenza del fatto che l'evento di "inizio di esistenza" sia esteso temporalmente che, a sua volta, è conseguenza del fatto che viene assunto che il tempo sia gunky. Nel momento in cui l'evento di "inizio di esistenza" è esteso temporalmente ci possiamo domandare quale sia lo stato di un oggetto

[7] Traduzione di "Accomplishment".

durante quell'evento; non possiamo dire che l'oggetto esiste, in quanto sarebbe già finito l'evento, ma non possiamo nemmeno dire che non esiste in quanto non sarebbe ancora iniziato; questo marca una differenza ontologica tra come l'oggetto è prima e dopo l'inizio dell'evento di "inizio di esistenza" (Cameron 2015: 184-185). Tuttavia, pensare che esista uno stato ontologico che contraddistingue il cambiamento è indipendente dalla struttura temporale gunky; per dimostrare questo è sufficiente mostrare che è possibile fare questa assunzione anche se il tempo è modellato sul continuum classico.

L'idea che esista uno stato *di cambiamento*, cioè uno stato in cui l'oggetto sta, ontologicamente, cambiando è un'intuizione molto forte che alcuni filosofi difendono; Priest (1985, 2017), per esempio, è un forte sostenitore di questa idea. La concezione del cambiamento di Priest (2017) assume che il tempo sia modellato sul continuum dei reali; data questa struttura temporale vengono identificati quattro tipi di cambiamento (Priest 2017). Tra questi, due si distinguono per il fatto che identificano una disposizione intrinseca di un istante: il cambiamento di tipo Δ e di tipo Γ; la disposizione che questi tipi di cambiamento individuano indica la presenza di uno stato di cambiamento (Priest 2017). Priest, che difende la visione dialeteista, difende l'esistenza del cambiamento di tipo Δ in quanto caratterizza il cambiamento come contradditorio; tuttavia, potenzialmente, sarebbe possibile argomentare in favore dell'esistenza del cambiamento di tipo Γ che, invece, caratterizza il cambiamento come indeterminato. Dunque, se volessimo caratterizzare il cambiamento come contraddistinto da uno stato ontologico peculiare e come indeterminato potremmo farlo anche assumendo che la struttura temporale sia modellata sul continuum dei reali. Possiamo, quindi, concludere che assumere che il cambiamento sia caratterizzato da uno specifico stato ontologico è un'assunzione indipendente dalla struttura temporale che decidiamo di adottare.

Dalla prima lettura dell'argomento di Cameron possiamo, quindi, esplicitare due chiarificazioni. La prima precisazione consiste nel fatto che 3 non è necessariamente vera se consideriamo gli eventi di "inizio di esistenza" come dei *traguardi*. La seconda precisazione, invece, consiste nel fatto che possiamo legittimamente assumere 3 indipendentemente dalla struttura temporale che decidiamo di adottare.

La seconda lettura dell'argomento di Cameron (2015), invece, interpreta gli eventi di "inizio di esistenza" come una transizione di stato; questo rende IC equivalente a:

(IC2) La transizione da *A non esiste* ad *A esiste* non può essere netta[8].

L'idea è che dal momento che esistono solamente durate estese anche le transizioni devono esserlo. Tuttavia, IC2 risulta immediatamente falsa: è sufficiente considerare la proposta di Hellman e Shapiro (2013), la quale ammette l'esistenza di intervalli adiacenti nonostante l'assenza di atomi, per capire che possono esistere transizioni nette anche se il tempo è gunky (Spolaore 2017).

Il modello del tempo gunky potrebbe indurre a pensare che sia possibile offrire un modello tale che esista effettivamente un "intervallo di cambiamento", cioè una transizione temporalmente estesa. Immaginiamo un intervallo i tale che nella prima metà M_1 l'oggetto A non esiste e nella seconda metà M_2 l'oggetto A esiste; dal momento che possiamo istanziare qualsiasi intervallo di qualsiasi lunghezza, in quanto la linea è gunky, possiamo prendere un intervallo i_1 tale che esso contiene il confine tra M_1 e M_2; ci troveremo con tre intervalli distinti che saranno i_1 i_2 e i_3 tali che i_1 è in mezzo tra i_2 e i_3; inoltre, i_2 precede i_1 mentre i_3 segue i_1; nell'intervallo i_2 l'oggetto A non esisterà, nell'intervallo i_1 l'oggetto sta cambiando dal non esistere all'esistere mentre nell'intervallo i_3 l'oggetto A sarà già esistente. Secondo questo modello potremmo interpretare i_1 come una transizione estesa tra i due stati. Tuttavia, esistono due ragioni principali per rifiutare questa idea: la prima ragione è che, se assumiamo che esista un intervallo che indica il cambiamento riproporremmo solamente il problema dell'istante del cambiamento in quanto sostituiremmo l' "istante del cambiamento" con un "intervallo di cambiamento" (Spolaore 2017); una ragione ulteriore è che, dal momento che il tempo è gunky, potremmo considerare intervalli di transizione sempre più piccoli fino a poter identificare questo "intervallo di cambiamento" semplicemente come un confine, nullo, tra i_2 e i_3. Questo equivale esattamente a legittimare l'esistenza di intervalli adiacenti come nel continuum di Hellman e Shapiro (2013). In conclusione, possiamo accettare che esistano transizioni nette nonostante esistano solamente periodi temporalmente estesi (Spolaore 2017).

La seconda lettura dell'argomento di Cameron (2015) ci permette di fare chiarezza su un ultimo aspetto del cambiamento: assumere che esistano soltanto periodi di tempo estesi non equivale a sostenere che esista un intervallo di transizione tra due stati; le transizioni

[8] Questa modifica della conclusione intermedia è proposta da Spolaore (2017).

possono essere nette nonostante il tempo sia gunky (Spolaore 2017). Riformulato, questo significa che le transizioni, dal momento che sono istantanee, esistono ma non sono parte della linea temporale.

Riassumendo, il continuum di Hellman e Shapiro (2013) ci fornisce un possibile modello del tempo in cui non esistono atomi; questa struttura del tempo ci permette di affrontare il problema dell'istante del cambiamento da una prospettiva differente rispetto alle concezioni che assumo che il tempo sia modellato sul continuum di Dedekind-Cantor. Tuttavia, nel momento in cui assumiamo che il continuum è gunky possono sorgere diverse confusioni. Una prima confusione riguarda gli istanti: il fatto che non esistano atomi temporali non vuol dire che gli istanti non esistono ma soltanto che non sono parti della linea temporale. Ulteriore confusione può essere fatta nei confronti del cambiamento: assumere che il tempo sia composto da periodi temporalmente estesi non significa sostenere che esista un intervallo in cui un oggetto si trova in uno stato ontologico *di cambiamento*; inoltre, il fatto che il tempo sia composto solamente da intervalli non significa che le transizioni devono essere temporalmente estese. Chiarire queste confusioni ci permette di avere una visione più precisa di cos'è il cambiamento in un continuum gunky.

Per concludere, è possibile definire in modo piuttosto preciso cosa significa cambiare se assumiamo che il tempo abbia la stessa struttura del continuum di Hellman e Shapiro (2013). Il cambiamento, dal momento che le parti della linea temporale sono solo intervalli, sarà un processo temporalmente esteso; questo, tuttavia, non significa che esiste un periodo in cui l'oggetto è nello stato ontologico *di cambiamento*. L'intervallo in cui avviene il cambiamento sarà composto da due intervalli adiacenti tali che in uno si darà uno stato e nell'altro uno stato incompatibile; questi due intervalli saranno divisi nettamente, in quanto il continuum di Hellman e Shapiro (2013) è perfettamente decomponibile. Il problema dell'istante del cambiamento non si pone perché non dobbiamo decidere a che intervallo attribuire il punto di rottura. Attraverso questo modello del cambiamento possiamo evitare il problema dell'istante del cambiamento senza rinunciare alla possibilità di avere istanti e transizioni che, semplicemente, non faranno parte della linea temporale.

Capitolo 5

5.1. Continuum gunky e movimento

Siamo soliti considerare il tempo e lo spazio come continui; intuitivamente, questo significa pensare che essi non presentano "buchi" o interruzioni. È naturale, nel momento in cui tempo e spazio sono considerati continui, che la nozione di continuità influenzi fortemente la nostra rappresentazione di questi ultimi. Nei capitoli precedenti sono state considerate due concezioni differenti del continuum: quella di Dedekind-Cantor e quella di Hellman e Shapiro (2013); queste due prospettive si differenziano in quanto la prima descrive il continuum come composto da punti mentre la seconda come composto da intervalli. Dunque, in relazione a quale di queste concezioni viene adottata, seguirà una determinata rappresentazione di tempo e spazio: una secondo cui sono composti da punti e una secondo cui sono composti da intervalli.

Diverse concezioni di tempo e spazio influenzano il modo di rappresentare alcuni fenomeni come il moto. Solitamente la fisica matematica utilizza il continuum di Dedekind-Cantor come modello di tempo e spazio (o meglio, dello spaziotempo); a partire da questa concezione della continuità è possibile rappresentare il moto attraverso una funzione continua che va da punti nel tempo a punti nello spazio; intuitivamente, una tale funzione associa ad ogni istante temporale un punto nello spazio dicendoci, per ogni istante, in che punto dello spazio si trova un oggetto (Dowden). Questa funzione descrive accuratamente il moto; tuttavia, come ho evidenziato nel capitolo precedente, il continuum di Dedekind-Cantor fa sorgere il problema dell'istante del cambiamento; dunque, è conveniente utilizzare il continuum di Hellman e Shapiro (2013) come modello di tempo e spazio.

Assumere che il continuum di Hellman e Shapiro (2013) sia il modello di tempo e spazio comporta che questi siano composti non più da punti ma da intervalli estesi. Appare evidente che, se le entità a disposizione non sono più i punti, allora non sarà possibile utilizzare una funzione da punti a punti per rappresentare il moto; tuttavia, è possibile sviluppare una funzione che va da intervalli a intervalli. Infatti, è possibile individuare una corrispondenza tra le funzioni che vanno da punti a punti e quelle che vanno da regioni a regioni (Arntzenius 2000). Limitandosi al movimento in una dimensione e considerando il tempo e lo spazio come due continua gunky possiamo descrivere una funzione che rappresenta il moto avente come dominio intervalli temporali e come codominio intervalli spaziali; intuitivamente questa funzione ci comunica in che luogo si trova un oggetto durante un qualsiasi intervallo di tempo (Hellman and Shapiro 2012). Consideriamo un intervallo i; $\sigma =< \sigma_n >$ è una sequenza di intervalli annidati tra loro tale che per ogni n, $i \leq \sigma_n$; possiamo poi definire l'incontro di tutte le σ_n come $i \leq \wedge_n \sigma_n$[9] (Hellman and Shapiro 2012: 283). Inoltre, possiamo dire che la sequenza $< \sigma_n >$ converge verso i solo nel caso in cui $i = \wedge_n \sigma_n$ (Hellman and Shapiro 2012: 283). Consideriamo ora una funzione *F* che va da intervalli a somme di intervalli con $F(\sigma)$ che indica la sequenza $< F(\sigma_n) >$; diciamo che *F* è *continua* a *t* se e soltanto se per ogni sequenza $< \sigma_n >$, se σ converge verso i, allora $F(\sigma)$ converge verso $F(i)$; F sarà è continua se lo è in ogni intervallo nel suo dominio (Hellman and Shapiro 2012: 283). Prima di definire un teorema e un lemma possiamo definire che *F* è *completamente additiva* se e soltanto se per qualsiasi intervallo i, j, k, se $i + j = k$ allora $F(i) + F(j) = F(k)$ e se $i - j = k$ allora $F(i) - F(j) = F(k)$ (Hellman and Shapiro 2012).

> **Lemma**: se F è completamente additiva, allora F conserva la relazione di "essere parte di" (se $i \leq j$ allora $F(i) \leq F(j)$) e la discretezza (se $i|j$ allora $F(i)|F(j)$).

> **Teorema**: assumiamo che F sia una funzione completamente additiva. Allora se F va da intervalli a intervalli del co-dominio, allora F è continua.

Attraverso la funzione descritta da questo lemma e questo teorema è possibile rappresentare il moto (Hellman and Shapiro 2012: 284). Nonostante questa funzione riesca a descrivere il moto in una dimensione è possibile trovare alcuni casi in cui risulta inapplicabile. Un caso problematico è quello di una sfera lanciata in aria che cade e rimbalza; in questo caso possono essere identificate due parti del moto della sfera: la

---

[9] Il simbolo ≤ nell'assiomatizzazione di Hellman e Shapiro (2012, 2013) significa "parte propria". La formula $\wedge_n \sigma_n$ indica la congiunzione di tutti i sigma per ogni *n*. Dunque, la formula nella sua interessa indica che l'intervallo *i* è parte propria della congiunzione di tutti i sigma per ogni *n*. Questo significa che l'intervallo i è contenuto in ogni intervallo σ_n ed è, dunque, la chiusura minima di quella sequenza di intervalli.

discesa e la salita; questo esempio è problematico perché gli intervalli temporali sono discreti mentre quelli spaziali no il che invalida la continuità di F (Hellman and Shapiro 2012: 284). I due intervalli temporali sono discreti perché non hanno nessun parte in comune in quanto identificano diverse parti del movimento della sfera; facendo, informalmente, riferimento a punti possiamo schematizzare il caso dicendo che durante l'intervallo di tempo che va dal punto 0 al punto 1 la palla scende, mentre nell'intervallo che va dal punto 1 al punto 2 la palla sale; questo, nel contesto del continuum gunky, evidenzia la discretezza dei due intervalli che non condividono alcuna parte e sono soltanto contigui tra loro (Hellman and Shapiro 2012: 284). I due intervalli spaziali, invece, non possono essere definiti discreti in quanto l'intervallo di spazio coperto dalla salita della sfera è parte propria dello spazio occupato dalla discesa (Hellman and Shapiro 2012: 284). Dunque, se i due intervalli temporali sono discreti e quelli spaziali no, allora viene meno la conservazione della discretezza, il teorema non è più valido e non è più provabile la continuità della funzione (Hellman and Shapiro 2012: 284). Un ulteriore caso che può risultare problematico è il moto di un disco uniforme che ruota su sé stesso (Arntzenius 2000); dal momento che il disco occupa sempre lo stesso spazio risulta che differenti intervalli temporali daranno come risultato lo stesso intervallo spaziale, dunque, viene meno la conservazione della discretezza e la funzione non è più applicabile. Dalla funzione del moto sopra descritta ci aspetteremmo un potere predittivo maggiore in quanto dovrebbe essere equivalente ad una funzione standard che va da punti a punti (Hellman and Shapiro 2012: 284).

Riassumendo, nel momento in cui varia la nozione di continuità varia anche il modo di concepire il tempo e lo spazio. Questo cambiamento influenza anche le funzioni che utilizziamo per descrivere i fenomeni che coinvolgono direttamente tempo e spazio come il moto. In particolare, nel momento in cui assumiamo il continuum di Hellman e Shapiro (2013), diventa necessario sviluppare una funzione il cui dominio e codominio sono composti da intervalli. Questa funzione dovrebbe essere equivalente ad una funzione che utilizza solamente punti; tuttavia, nel caso del moto, la funzione ad intervalli si è rivelata più problematica del previsto. Nonostante ciò, è comunque possibile trovare una soluzione.

Il continuum di Hellman e Shapiro (2013) assume che gli intervalli sono le entità fondamentali del continuum ma non ci viene preclusa la possibilità di utilizzare i punti e il continuum classico; ciò che va tenuto presente è che i punti non sono mai da considerarsi come parti proprie del continuum (Hellman and Shapiro 2013: 11). Per superare la parziale limitatezza della funzione sopra descritta è possibile utilizzare, quando necessario, il continuum di Dedekind-Cantor che può essere recuperato a partire dal continuum gunky. Sostanzialmente, se la fisica matematica necessita di un linguaggio ad istanti per poter rappresentare alcuni fenomeni fisici è possibile ricavare questo linguaggio a partire da uno, più fondamentale, ad intervalli (Hamblin 1972). Dunque, mentre il continuum di Hellman e Shapiro (2013) ci descrive la struttura del tempo e dello spazio, il continuum classico è un'idealizzazione matematica che, in certi casi, ci fornisce una rappresentazione matematica più accurata di alcuni fenomeni.

Per concludere, utilizzare come modello del tempo e dello spazio il continuum di Hellman e Shapiro (2013) ci fornisce dei vantaggi sul piano metafisico; in particolare, evita l'insorgere del problema dell'istante del cambiamento. Nonostante ciò, la funzione per descrivere il moto che possiamo ricavare a partire dal continuum gunky risulta, in parte, insoddisfacente in quanto manca di generalità. La funzione del moto che deriva dal continuum classico, invece, non sembra presentare gli stessi problemi; dunque, dal momento che è possibile recuperare il continuum classico a partire da quello gunky, possiamo utilizzare il continuum di Dedekind-Cantor per fornire una rappresentazione matematica più accurata del moto. Considerate in questo modo, le concezioni del continuum avranno due ruoli differenti: il continuum di Hellman e Shapiro (2013) avrà il ruolo di rappresentare la struttura metafisica di tempo e spazio; il continuum classico, invece, può essere considerato come un'approssimazione matematica utile per dare una rappresentazione fisico-matematica di alcuni fenomeni.

5.2. La caratterizzazione del movimento offerta dalle varie visioni sul cambiamento

Nei capitoli precedenti ho evidenziato tre principali concezioni del cambiamento: quella dialeteista, quella cinematica e quella semi-aristotelica. Le prime due assumono che il tempo sia modellato sul continuum classico mentre la terza assume che il tempo sia modellato sul continuum di Hellman e Shapiro (2013). Ognuna di queste concezioni caratterizza il movimento in un modo specifico. Analizzando le diverse definizioni di movimento è possibile evidenziare che le concezioni del movimento basate sul continuum classico sono costrette a pensare alla velocità come definita in un istante, e dunque sono vincolate a definire un corpo in movimento in un istante. Tuttavia, pensare che un corpo possa essere definito in movimento in un istante è controintuitivo perché il movimento è un processo esteso nel tempo. Invece, la concezione del movimento fondata sul continuum di Hellman e Shapiro (2013) permette di definire l'equazione del moto senza fare riferimento a velocità istantanee.
Per prima, prendiamo in considerazione la visione dialeteista del cambiamento e la rispettiva caratterizzazione del movimento. Priest (2017) sostiene che il cambiamento è determinato da una disposizione intrinseca di un oggetto ad un istante; questa disposizione consiste in una contraddizione (Priest 2006, 2017). Priest (1985) definisce il movimento come il paradigma del cambiamento, dunque, esso sarà caratterizzato dalla presenza di una contraddizione. A questo punto è necessario fare una precisazione: Priest (1985) non nega che il movimento sia un processo esteso nel tempo; Priest (1985, 2006) dice che, considerato un intervallo in cui un oggetto modifica la sua posizione nello spazio, in ogni istante di quell'intervallo l'oggetto si trova in uno stato contradditorio tale per cui occupa più posizioni in uno stesso momento. Sostanzialmente, la visione dialeteista ammette che il movimento sia esteso temporalmente; tuttavia, ammette anche la possibilità di determinare, considerato un solo istante dell'intervallo di movimento, se un oggetto è in movimento in quell'istante.
La visione cinematica, la quale adotta la *at-at theory of motion*, offre una differente prospettiva sul movimento; in particolare, definisce il moto come occupare posizioni diverse in tempi diversi (Dowden). Anche in questo caso il movimento viene definito come un processo esteso nel tempo; tuttavia, l'utilizzo del continuum classico ci permette di determinare se un oggetto è in movimento in un istante. Esaminiamo il caso di un

oggetto che dall'essere in quiete passa al moto; consideriamo un intervallo temporale, un istante *t* appartenente all'intervallo e un oggetto A; l'oggetto A, nell'intervallo che precede l'istante *t* è in quiete mentre in quello successivo è in movimento; dunque, l'istante *t* determina il passaggio dalla quiete al moto di A. Il continuum di Dedekind-Cantor, dal momento che non è decomponibile, ci impone di attribuire l'istante *t* ad uno dei due intervalli; dal momento che lungo l'intervallo prima di *t* A è in quiete e in quello successivo è in moto, attribuire *t* a un intervallo piuttosto che all'altro significa, sostanzialmente, determinare se, in quel momento, l'oggetto è in quiete o in moto. Come nella prospettiva dialeteista, il moto viene definito come un processo esteso nel tempo e, al contempo, ci viene data la possibilità di determinare se un oggetto è in moto o in quiete in un istante. La struttura del continuum classico risulta troppo informativa (Hamblin 1972): ci permette di definire il movimento come un processo temporalmente esteso e, contemporaneamente, offre la possibilità di determinare lo stato di moto in un istante. Queste informazioni sono eccessive in quanto per descrivere il movimento è sufficiente considerare periodi temporalmente estesi senza fare riferimento agli istanti.

La visione dialeteista e quella cinematica del movimento fanno un errore simile: ammettono la possibilità di determinare lo stato di moto o di quiete in un istante. La concezione aristotelica del movimento, invece, ritiene impossibile determinare se un oggetto è in movimento in un istante. Aristotele, nel libro della Fisica VI, sostiene che un oggetto non può trovarsi né in movimento né a riposo in un singolo istante. L'idea aristotelica può essere riassunta dicendo che il movimento avviene in quanto un oggetto si trova *prima* in un luogo e *poi* in un altro; un istante, che ha per definizione una durata nulla, non possiede un né un *prima* né un *poi*, dunque, non possiamo determinare se un oggetto è in movimento se consideriamo solo un istante temporale (VI 3, 234a34-b5). Questa definizione del movimento risulta vantaggiosa rispetto alle precedenti perché nega la possibilità di definire il movimento in un istante; questo permette di definire il movimento, in modo intuitivo, come un processo esteso nel tempo e rendere impossibile definire un oggetto in movimento considerando solo un istante temporale.

Per sostenere questa prospettiva Aristotele sviluppa una sua concezione della continuità secondo la quale il continuum è composto solamente da intervalli. Questa concezione aristotelica della continuità, come ho evidenziato nel capitolo precedente, risulta insoddisfacente perché incorre negli stessi problemi del continuum di Dedekind-Cantor in quanto Aristotele non rinuncia completamente dell'esistenza dei punti; per questo motivo è più conveniente assumere il continuum di Hellman e Shapiro (2013), il quale rinuncia completamente a considerare i punti parti del continuum, per supportare questa concezione del movimento.

Riassumendo, le diverse concezioni del cambiamento corrispondono a diverse concezioni del movimento. Le concezioni dialeteista e cinematica non negano che il movimento sia un processo esteso nel tempo, e tuttavia ammettono la possibilità di determinare se un oggetto sia in movimento in un istante. Queste due idee sono tra loro in forte tensione: se si pensa al movimento come a un processo esteso nel tempo, allora è naturale pensare che la velocità di un corpo sia determinabile soltanto se consideriamo un periodo esteso e non in un singolo istante. Il continuum di Hellman e Shapiro (2013), invece, ci permette di adottare la definizione aristotelica del movimento secondo la quale non possiamo determinare se un oggetto è in movimento in un istante. Nel momento in cui assumiamo il continuum Hellman e Shapiro (2013) come modello del tempo esisteranno solamente intervalli estesi che sono sufficienti a descrivere il moto: un oggetto è in movimento se, all'interno di un intervallo, si registra una modificazione nella posizione occupata dall'oggetto; queste sono le uniche informazioni che sono necessarie al fine di determinare se un oggetto è in movimento o in quiete.

Per concludere, le concezioni del movimento che si fondano sul continuum di Dedekind-Cantor generano problemi in quanto non riescono a rinunciare totalmente al movimento istantaneo. La visione cinematica nella misura in cui attribuisce l'istante di transizione all'intervallo in cui l'oggetto è in quiete o a quello in cui è in moto il che equivale a considerare l'oggetto in uno stato o nell'altro in un istante; la visione dialeteista perché, per definizione, permette di definire il movimento in un istante. La visione aristotelica, supportata dal continuum di Hellman e Shapiro (2013), ci permette di avere una concezione del movimento più intuitiva che riesce a definire il movimento semplicemente come occupare posizioni differenti in tempi differenti escludendo la possibilità di definire il movimento in un istante.

Capitolo 6

6.1. Mereotopologia: la relazione tra la topologia e la mereologia

Nel paragrafo 3.2 è stata presentata l'assiomatizzazione del continuum gunky come un modo alternativo di concepire la continuità. Hellman e Shapiro (2013), per formalizzare il continuum gunky, assumono nozioni mereologiche primitive, quella di "parte propria", insieme a topologiche primitive, quella di "essere a completamente a sinistra di". Sostanzialmente, per riuscire a formalizzare il continuum, è necessaria la topologia quanto la mereologia. Dall'unione di queste due discipline nasce la mereotopologia; essa mette insieme nozioni mereologiche e topologiche con l'obiettivo di formalizzare relazioni tra confini e interi, relazioni di connessione o nozioni come quella di "punto" (Smith 1996). La mereotopologia ha permesso di esplorare con maggiore attenzione la relazione tra mereologia e topologia che, secondo Varzi (1994), può essere caratterizzata in tre diversi modi. L'obiettivo di questo paragrafo è esaminare il rapporto tra mereologia e topologia al fine di determinare, per quanto possibile, il modo in cui viene utilizzata da Hellman e Shapiro (2013) per formalizzare il continuum.

Mereologia e topologia riguardano ambiti differenti: la prima si occupa di fornire una teoria formale delle parti, delle relazioni tra di esse e delle relazioni tra parte e intero (Varzi 2019; Calosi 2011); la seconda, in generale, si occupa di determinare fatti riguardanti la continuità (Maudlin 2012). Per semplicità, seguiremo Varzi (1994) il quale sostiene che queste due discipline risultano legate tra loro perché, nonostante la mereologia indaghi le relazioni tra l'intero e le sue parti, l'*interezza* (wholeness) non è esprimibile in termini di relazioni di parte; sostanzialmente, il concetto di "integrità individuale" è fuori dal dominio della mereologia ed è necessario incorporare nozioni topologiche per poterlo esprimere (Varzi 1994). Questo limite della mereologia si può evidenziare, per esempio, in relazione agli eventi: è possibile caratterizzare alcune relazioni basilari tra eventi in termini mereologici; tuttavia, è necessario incorporare alcune nozioni topologiche per riuscire a caratterizzare la continuità tra due eventi (Varzi 1994). Questo permette di evidenziare ulteriormente che le relazioni di parte non sono sufficienti per esprimere alcune nozioni fondamentali, come quella di continuità, senza l'ausilio di nozioni topologiche. Questo limite della mereologia ha portato allo sviluppo di molte teorie che utilizzano nozioni di entrambe le discipline (Varzi 1994). L'assiomatizzazione del continuum che offrono Hellman e Shapiro (2013) può essere considerata una di queste teorie dal momento che utilizza nozioni primitive sia mereologiche che topologiche.

La stretta relazione che è stata individuata tra mereologia e topologia può essere concepita in diversi modi; come già accennato in precedenza, Varzi (1994) identifica 3 modi in cui si può intendere il rapporto tra le due discipline: il primo è intenderle come due domini separati; il secondo consiste nell'attribuire alla topologia un ruolo più fondamentale e definire le relazioni mereologiche in funzione di nozioni topologiche primitive; il terzo consiste, invece, nell'attribuire alla mereologia un ruolo più fondamentale rendendo la topologia una parte della mereologia e caratterizzando le nozioni topologiche attraverso nozioni mereologiche (Varzi 1994). Considerare la topologia e la mereologia come due domini separati ha come obiettivo non impegnarsi a sostenere che una delle due discipline è riducibile all'altra; questo è il modo più neutro di interpretare il rapporto tra le due discipline nel senso che non ci fornisce alcuna informazione aggiuntiva rispetto alla relazione tra mereologia e topologia. Hellman e Shapiro (2013) sembrano, effettivamente, considerare mereologia e topologia come due domini separati; questo si può evincere dal fatto che la loro assiomatizzazione del continuum presenta nozioni primitive sia mereologiche che topologiche. È anche interessante notare che, nell'assiomatizzazione di Hellman e Shapiro (2013: 7), la nozione di continuità, che corrisponde alla seguente definizione della proprietà di *connessione* ($Conn(x) \Leftrightarrow^{df} \forall y, z, u[z, u \leq x \,\&\, Betw(z, y, u) \rightarrow y \leq x]$), è espressa utilizzando sia termini ("$\leq$" che indica la relazione di "parte propria") mereologici che topologici (*Betw* che esprime la nozione topologica di "essere in mezzo tra") evidenziando nuovamente che mereologia e topologia, nella loro interazione, permettono di sviluppare la nozione di continuità. Un ulteriore aspetto della mereologia che sembra necessario sottolineare è che essa viene spesso utilizzata come sostituto alla teoria degli insiemi in quanto permette di trattare tutte le entità come individui (Varzi 1994). Questo, per l'assiomatizzazione di Hellman e Shapiro (2013), è molto conveniente in quanto permette di trattare gli intervalli, che sono le entità fondamentali che compongono il continuum, come individui.

Possiamo riassumere in un capoverso il discorso fin qui fatto. Mereologia e topologia sono due discipline strettamente legate in quanto, attraverso la loro combinazione, è possibile formalizzare alcune nozioni come quella di continuità. Esistono, inoltre, diversi modi di interpretare la relazione tra queste due discipline; due di questi implicano il ridurre una disciplina all'altra mentre l'altro semplicemente le identifica come due domini separati. Dal momento che nell'assiomatizzazione del continuum di Hellman e Shapiro (2013) possiamo rintracciare nozioni primitive sia mereologiche che topologiche possiamo affermare che essi decidono di rimanere neutrali intendendo mereologia e topologia come due domini separati.

Per concludere, possiamo identificare, a gradi linee, la mereotopologia come una disciplina che mira a mettere insieme mereologia e topologia con l'obiettivo di definire, formalmente, alcune proprietà o entità. Anche se non in modo esplicito, il continuum gunky è una teoria che fa uso della mereotopologia in quanto sono necessarie sia nozioni topologiche che mereologiche per formalizzarlo. Hellman e Shapiro (2013) rimangono neutrali rispetto alla relazione tra topologia e mereologia evitando di attribuire un ruolo più fondamentale ad una delle due discipline; questo elaborato condivide lo stesso approccio verso topologia e mereologia in quanto non è mia intenzione sostenere il primato di una delle due discipline sull'altra.

6.2. Confini

Il problema dell'istante del cambiamento, secondo Priest (2006), consiste nel determinare, dato un oggetto che passa da essere α ad essere ¬α, lo stato in cui si trova quell'oggetto nell'istante che sancisce il passaggio dallo stato precedente a quello successivo. Esiste una controparte spaziale di questo problema legata ai confini. Un confine, intuitivamente, è qualcosa che *separa* due entità o due parti della stessa entità; il puzzle, in questo caso, consiste, nel momento in cui ci sono due entità separate da un confine, nel determinare a quale entità appartiene il confine (Varzi 2023). Il problema è stato formulato in svariati modi e da diversi filosofi; in particolare, è famosa la formulazione di Peirce (1893: 4.127) il quale lo presenta nel seguente modo: facendo cadere una goccia di inchiostro nero su un foglio bianco si formerà una macchia; se i punti sul foglio sono o bianchi o neri allora di che colore è la linea che delimita la macchia di inchiostro? Il problema consiste nel determinare a quale delle due entità appartiene il confine e, dunque, di che colore è il confine.

In generale, esistono due tipi di teorie riguardati i confini: quelle realiste e quelle antirealiste (Varzi 2023). Le teorie realiste tendono a concepire i confini come delle entità parassitarie che non possono esistere separatamente dalle entità che delimitano (Varzi 2023); questo modo di concepire i confini si fonda sull'intuizione secondo la quale essi sono, in qualche misura, "meno reali" rispetto alle entità che racchiudono; così concepiti, i confini sono ontologicamente dipendenti dalle entità che delimitano ed è generalmente accettato che si tratti di una dipendenza esistenziale rigida tale per cui "se *x* è un confine di *y*, allora necessariamente *x* esiste solo se *y* esiste" (Varzi 2023). Partendo da questa concezione dei confini è possibile individuare 4 soluzioni al puzzle di Peirce:

1) Il confine non appartiene né al foglio né alla macchia.
2) Il confine appartiene o al foglio o alla macchia.
3) Il confine appartiene sia al foglio che alla macchia.
4) Esistono due confini, uno appartenente alla macchia e uno al foglio, e sono co-locati.

Osservando queste soluzioni appare evidente il parallelismo con i quattro tipi di istante del cambiamento identificati da Priest (2006, 2017). L'unica soluzione effettivamente differente è la quarta che, nel caso temporale, non viene presa in considerazione. La soluzione 1 è quella meno popolare nel dibattito sui confini (Varzi 2023); nel caso temporale sembra, invece, essere più diffusa (Varzi 2023), tuttavia, è molto criticata sia dagli esponenti della visione dialeteista che da quelli della visione cinematica del cambiamento. La soluzione 2 è costruita direttamente sulla concezione classica del continuum; in particolare, questa soluzione ricorre all'opposizione topologica aperto/chiuso; riprendendo l'esempio fatto da Peirce (1893: 4.127) o la macchia o il foglio risulteranno topologicamente chiusi, cioè, contenenti il proprio confine (Varzi 2023). La soluzione 3 è quella che si avvicina maggiormente alla soluzione dialeteista del problema dell'istante del cambiamento. Infatti, è possibile che per adottare una tale soluzione sia necessario rifiutare il principio di non contraddizione; tuttavia, nel caso spaziale, non è strettamente necessario in quanto è possibile sostenere che la sovrapposizione sia *sui generis*; questo significa sostenere che esistono effettivamente due confini sovrapposti ma la coincidenza dei due non genera contraddizione in quanto, dal momento che i confini sono entità di dimensione minore, non possono possedere le stesse proprietà dei corpi estesi; sostanzialmente, la linea può appartenere ad entrambe le entità senza generare una contraddizione in quanto essa non è, strettamente parlando, né bianca né nera (Varzi 2023). Infine, la soluzione 4, che può essere attribuita a Brentano, si fonda sull'idea che i due confini si sovrappongono spazialmente senza sovrapporsi mereologicamente; nel caso dell'inchiostro sia la macchia che il foglio avrebbero ognuno il proprio confine e questi confini sarebbero co-locati; questo, in una certa misura, equivale a dire che il confine è sia bianco che nero (Varzi 2023).

A proposito del caso 3 è interessante notare che nella sua controparte temporale non è sempre possibile sostenere che esiste una sovrapposizione *sui generis*. L'approccio che decidiamo di assumere rispetto alle parti temporali di un oggetto rende equivalenti o differenti la formulazione spaziale e temporale del problema. In particolare, se adottiamo un approccio *perdurantista*, secondo il quale gli oggetti possiedono anche parti temporali (Hawley 2023), allora le due formulazioni risultano sostanzialmente equivalenti. Invece, se adottiamo un approccio *endurantista*, secondo il quale gli oggetti non hanno parti temporali (Hawley 2023), allora le due formulazioni non risulteranno equivalenti. In sostanza, assumere un’ontologia tridimensionalista o quadridimensionalista permette di rendere equivalenti o meno il problema dell’inchiostro di Peirce e quello dell’istante del cambiamento. Decidere di adottare un approccio endurantista implica che i due casi non possono essere trattati allo stesso modo. Per esempio, consideriamo un oggetto X e un istante arbitrario *t*; supponiamo, inoltre, che X vada incontro ad un cambiamento tale che prima di *t* è ¬α e dopo *t* è α; facendo un parallelismo con la controparte spaziale, se volessimo sostenere che al momento *t* c’è una sovrapposizione dei limiti dei due intervalli, allora dovremmo sostenere che esiste un ultimo istante in cui l’oggetto è ¬α e un primo istante in cui è α e che questi due istanti si sovrappongono. Da questa formulazione possiamo notare che il caso temporale è diverso rispetto alla sua controparte spaziale; il problema è che, nel caso temporale, ai limiti degli intervalli l’oggetto è, effettivamente, ¬α o α; in sostanza viene meno l’idea che gli istanti che delimitano un intervallo non possano istanziare le stesse proprietà di intervalli estesi. Per fare maggiore chiarezza consideriamo i seguenti enunciati:

(1) L’oggetto X è rosso momento *t*.
(2) La regione X è di colore rosso.

Osservando questi due enunciati è possibile notare che 1 ci dice che la proprietà di “essere rosso” viene istanziata in un istante inesteso mentre 2 ci dice che la proprietà viene istanziata da una regione estesa. La differenza tra i due enunciati, dunque, sembra risiedere nelle entità che rendono possibile istanziare una proprietà: in 1 sono entità inestese mentre in 2 sono entità estese. Assumere il continuum di Dedekind-Cantor come modello del tempo porta a valutale le proprietà come in 1, cioè in relazione ad istanti temporali; secondo questo modello del tempo, se un oggetto è rosso lungo un intervallo, allora l’oggetto è rosso in tutti gli istanti che compongono quell’intervallo. Dunque, se consideriamo un caso di istante del cambiamento in cui un oggetto passa da essere ¬α ad essere α e diciamo che i limiti dei due intervalli coincidono, allora l’istante del cambiamento istanzierà sia α che ¬α; questo evidenzia il fatto che, nel caso temporale, non è possibile sostenere l’esistenza di una sovrapposizione *sui generis.* Sostanzialmente, viene meno l’idea al confine non possano essere attribuite le stesse proprietà che sono

attribuite all'intervallo il che rende inevitabile la contraddizione in quanto al momento *t* in cui si passa da uno stato all'altro l'oggetto istanzia sia la proprietà α che $\neg\alpha$.
Dunque, assumendo una prospettiva endurantista possiamo rintracciare una differenza tra il caso spaziale e quello temporale. In particolare, possiamo evidenziare che assumere come primitive entità estese o inestese ha un impatto non indifferente sul modo di trattare il problema dell'istante del cambiamento o la sua controparte spaziale. Considerare solo entità estese come fondamentali conduce verso una concezione antirealista dei confini.
Oltre alle teorie realiste esistono anche teorie antirealiste rispetto ai confini; l'approccio più radicale su questo versante è quello di eliminare i confini come categoria ontologica; tuttavia, essere antirealisti nei confronti dei confini non significa, necessariamente, optare per l'eliminativismo ontologico ma, piuttosto, valutare approcci che possiamo definire "boundary-free", cioè che non ammettono i confini tra le entità fondamentali; l'idea principale su cui si basa questo approccio è che parlare di confini coinvolge, in qualche misura, una processo di *astrazione* (Varzi 2023). Questa concezione dei confini è strettamente legata con l'idea che tempo e spazio siano gunky (Varzi 2023). Varzi (1997) critica molto questa concezione dei confini in quanto va incontro ad alcuni problemi: un problema riguarda il linguaggio naturale e cosa precisamente intendiamo quando parliamo di confini se non li assumiamo come entità appartenenti all'ontologia fondamentale della teoria; un altro problema riguarda la dicotomia aperto/chiuso che alcune teorie mantengono nonostante rifiutino di ammettere i confini tra le entità fondamentali della teoria; infine, l'ultimo problema riguarda la definizione di continuità e contiguità che sembrano coinvolgere direttamente la nozione di confine.
Per concludere, è possibile optare per due tipi di teorie nei confronti dei confini: quelle realiste e quelle antirealiste. Le concezioni realiste accettano che i confini siano delle entità appartenenti all'ontologia fondamentale; per questo tipo di teorie il problema dei confini posto da Peirce è un problema reale perché è necessario determinare in che modo i confini vengono attribuiti alle entità, spiegare quali entità sono topologicamente aperte, quali chiuse e come sia possibile il contatto tra gli oggetti (Varzi 2023). Le concezioni antirealiste, invece, pensano i confini come entità che richiedono un processo di astrazione e che non appartengono all'ontologia fondamentale (Varzi 2023); per questo tipo di teorie il problema di Peirce non è così difficoltoso da affrontare perché coinvolge entità astratte; dunque, non è una questione così fondamentale come per le teorie realiste;

tuttavia le concezioni boundary-free vanno incontro ai problemi individuati da Varzi (1997) che vanno adeguatamente trattati in quanto minano la possibilità di adottare una concezione di questo tipo dei confini. Considerata questa analisi delle teorie riguardanti i confini possiamo collocare il continuum di Hellman e Shapiro (2013) nella categoria delle teorie boundary-free in quanto le uniche entità dell'ontologia di base sono intervalli estesi; dunque, se da un lato il continuum gunky offre un certo vantaggio nell'affrontare il problema dell'istante del cambiamento o la sua controparte spaziale, dall'altro deve superare i punti problematici esposti da Varzi (1994). L'obiettivo del paragrafo successivo sarà quello di esaminare più approfonditamente la concezione dei confini di Hellman e Shapiro (2018: 171) al fine di evidenziare che il continuum gunky riesce a superare le critiche che Varzi (1994) attribuisce alle concezioni boundary-free.

6.3. Continuum gunky e confini

Hellman e Shapiro (2018: 171) definiscono un confine come un'entità astratta corrispondente ad una sequenza di intervalli annidati tra loro. L'idea è che, quando parliamo di confini, non ci stiamo riferendo a parti delle regioni ma poniamo attenzione ad alcuni aspetti di esse come, per esempio, la locazione di una regione rispetto ad altre (Hellman and Shapiro 2018: 171). Intuitivamente, questa è una concezione antirealista dei confini in quanto essi non vengono interpretati come delle entità ma come il risultato di un processo di astrazione.

Nel paragrafo precedente ho evidenziato tre problemi che Varzi (1997) attribuisce alle concezioni boundary-free: il primo consiste nel fornire una definizione, indiretta, di alcune nozioni come, per esempio, quella di "punto"; il secondo riguarda la dicotomia aperto/chiuso che alcune teorie sembrano mantenere nonostante l'assenza di confini; il terzo consiste nel fornire una definizione di *continuità* e *contiguità* senza fare riferimento ai confini. È necessario precisare che le critiche di Varzi (1997) sono indirizzate verso una particolare concezione antirealista che può essere ricondotta a Whitehead; questa concezione assume la nozione di *connessione* come primitiva e deriva la relazione di *parte* da questa costruendo una teoria in cui diverse nozioni mereologiche vengono definite partendo da nozioni topologiche (Varzi 1997). Nonostante le critiche di Varzi (1997) siano indirizzate verso questa concezione possono essere estese anche alle atre concezioni boundary-free. Queste critiche vogliono evidenziare il fatto che assumere i confini tra le entità fondamentali di una teoria ci permette di risolvere con facilità questi problemi che, invece, vanno affrontati se si decide di concepire i confini come entità astratte (Varzi 1997).

Il primo problema non genera particolari difficoltà: è sufficiente che la teoria riesca a definire le nozioni rilevanti, come quella di punto, senza fare riferimento alla nozione di confine; tuttavia, è necessario essere consapevoli che, se si vuole adottare una teoria boundary-free, allora è essenziale spiegare come, nel nostro linguaggio ordinario, riusciamo a riferirci ai confini se questi non fanno parte delle entità primarie (Varzi 1997). Per quanto riguarda la nozione di punto, il continuum di Hellman e Shapiro (2013: 11) permette di recuperarla senza difficoltà; in particolare, i punti sono concepiti come sequenze di Cauchy di intervalli decrescenti e sono una struttura che possiamo imporre sul continuum gunky. La questione di come il nostro linguaggio naturale faccia riferimento ai confini nell'ottica di una concezione boundary-free può risultare più complessa; in particolare, adottare una metafisica descrittiva o prescrittiva può avere conseguenze più o meno convenienti. Per semplicità non scenderò nei dettagli del dibattito tra queste due concezioni della metafisica, tuttavia, una definizione generale di esse è sufficiente per chiarire, a grandi linee, il problema. La metafisica descrittiva mira a descrivere la nostra visione della realtà; le metafisica prescrittiva, invece, mira a determinare quale impegno ontologico dovremmo adottare (Goldman 1989). Partendo da queste due definizioni generali è possibile notare che se adottiamo una metafisica descrittiva, allora può sembrare controproducente pensare i confini come sequenze di intervalli perché quando, attraverso il linguaggio naturale, parliamo di confini non sembriamo riferirci effettivamente a sequenze di intervalli (Hellman and Shapiro 2018: 171). Se, invece, adottiamo una metafisica prescrittiva l'obiettivo non è quello di esplicitare cosa intendiamo quando ci riferiamo ai confini ma è determinare di che tipo di entità si tratta; dunque, per la metafisica prescrittiva, non è un problema concepire i confini come sequenze di intervalli; inoltre, come notano Hellman e Shapiro (2018: 171), il fatto che il nostro linguaggio ordinario non sembri riferirsi a sequenze di intervalli non giustifica il considerare i confini come entità appartenenti all'ontologia fondamentale di una teoria.

Il secondo problema individuato da Varzi (1997) riguarda la distinzione aperto/chiuso; questa dicotomia è uno dei punti fondamentali delle teorie realiste, le quali accettano e usano esplicitamente questa contrapposizione (Varzi 1997: 42). A grandi linee, ciò che è considerato topologicamente aperto non contiene il proprio confine, mentre ciò che è considerato topologicamente chiuso contiene il proprio confine. Secondo Varzi (1997) il problema è che alcune teorie antirealiste rinunciano all'esistenza dei confini senza rinunciare alla dicotomia aperto/chiuso. Questo non è il caso del continuum gunky: Hellman e Shapiro (2013: 7, 2018: 171) rifiutano l'esistenza dei confini ma rinunciano anche alla possibilità di distinguere tra intervalli aperti e chiusi nel continuum. Riguardo la distinzione tra entità aperte e chiuse, Varzi (1997: 42) evidenzia che il modello topologico su cui si fonda la dicotomia aperto/chiuso è un modello di "rottura" del continuum che, in realtà, non ci dice nulla su che parte dovrebbe possedere il confine; il modello topologico può, invece, essere interpretato come quello di una goccia d'acqua che viene divisa in due gocce uguali; in particolare, il modello standard secondo cui la divisione del continuum porta ad una dicotomia aperto/chiuso è discutibile almeno in quei casi in cui porta a conseguenze controintuitive (Varzi 1997: 42). Tuttavia, per adottare il secondo modello di rottura è necessario assumere una struttura del continuum che lo permette. Nei capitoli precedenti è stato possibile osservare che nel caso del problema dell'istante del cambiamento il continuum classico portava ad alcune conseguenze controintuitive; questo, inoltre, ha permesso di evidenziare che la struttura del continuum che decidiamo di assumere gioca un ruolo fondamentale nel modello di "rottura" che ci è possibile adottare: il continuum di Dedekind-Cantor lascia intendere che sia possibile dividere la linea del continuum in una parte chiusa e in una aperta; il continuum di Hellman e Shapiro (2013), invece, rinunciando a considerare i punti come parti del continuum riesce ad ammettere la decomponibilità del continuum. Dunque, nel continuum di Hellman e Shapiro (2013) la rinuncia a considerare i punti come parti del continuum permette di adottare un modello di rottura del continuum che rende possibile dividere la linea in due parti uguali; questo porta ad una rinuncia della distinzione tra aperto e chiuso che rende il problema dell'istante del cambiamento, o la sua controparte spaziale, meno difficile da trattare.

La terza critica di Varzi (1997: 34) si concentra sulla distinzione tra contiguo e continuo; la distinzione tra esse sembra risiedere direttamente nella nozione di confine: se due regioni, o due oggetti, sono contigui, allora, per passare dall'una all'altra, dobbiamo attraversare il confine mentre se sono continue no. Anche Aristotele aveva espresso la nozione di continuità in termini di confini dicendo che due cose sono continue quando i loro confini sono insieme (227a 10-15). Il sistema assiomatico di Hellman e Shapiro (2013) riesce a ricatturare sia la nozione di continuità che quella di contiguità senza utilizzare la nozione di confine; in particolare vengono formulate la nozione di *connessione* e di *adiacenza* dove la prima definisce la continuità e la seconda la contiguità (Hellman and Shapiro 2013: 7). Le definizioni sono le seguenti:

$$Conn(x) \Leftrightarrow^{df} \forall y, z, u[z, u \leq x \,\&\, Betw(z, y, u) \rightarrow y \leq x]$$
$$Adj(j, k) \Leftrightarrow^{df} j|k \,\&\, \nexists m[Betw(j, m, k)]$$

La definizione di *Conn(x)* ricattura la continuità di una regione utilizzando solamente nozioni topologiche e mereologiche; non viene fatto in nessun modo riferimento alla nozione di confine il che dimostra che è possibile, nel contesto del continuum gunky, fornire una definizione di continuità senza ricorrere ai confini. La definizione di *Adj*, invece, ricattura l'idea della contiguità aristotelica secondo la quale due regioni, o due oggetti, sono adiacenti se tra di loro non c'è nessuna regione (Hellman and Shapiro 2013: 7); anche in questo caso la definizione evidenzia la possibilità di definire la contiguità senza ricorrere ai confini. È importante notare che la definizione della contiguità non coinvolge elementi mereologici. Dunque, il continuum di Hellman e Shapiro (2013) permette di definire sia la continuità che la contiguità senza ricorrere alla nozione di confine.

Per concludere, il continuum di Hellman e Shapiro (2013) ci porta verso una definizione dei confini come delle entità astratte; tuttavia, ci permette di rispondere alle critiche che Varzi (1997) muove verso le concezioni boundary-free mostrando che è possibile evitare di assumere i confini come entità fondamentali, rinunciare alla distinzione aperto/chiuso e ammettere una chiara distinzione tra continuità e contiguità. Questa concezione ci permette di adottare un modello di decomponibilità che, anche secondo Varzi (1997), in certi casi risulta essere più intuitivo. Per concludere, il continuum gunky offre una trattazione antirealista dei confini e permette di adottare la decomponibilità del continuum; questo è uno dei punti più vantaggiosi di questa concezione in quanto permette di offrire una soluzione al problema dell'istante del cambiamento.

6.4. Eventi e confini

Eventi e confini sono cose distinte, tuttavia, essi sono in qualche tipo di relazione tra loro. Intuitivamente, certi eventi possiedono dei confini temporali; per esempio, la vita di una persona è un evento delimitato dalla nascita e dalla morte (Varzi 2023). Anche la nascita e la morte di una persona sembrano essere degli eventi. Questo lascia intendere che, con il termine "evento", è possibile denotare sia eventi temporalmente estesi che istantanei. Già a questo punto possiamo notare che gli eventi istantanei sembrano essere *locati* agli estremi di un evento temporalmente esteso. L'obiettivo di questo paragrafo è esaminare la relazione tra eventi temporalmente estesi, eventi istantanei e confini.

In primo luogo, vorrei prendere in considerazione la distinzione degli eventi fatta da Vendler (1957); egli identifica quattro diversi tipi di eventi che sono: le *attività*, i *traguardi*, gli *obiettivi* e gli *stati*[10]. Queste quattro categorie mettono in evidenza come diverse espressioni del nostro linguaggio naturale ci permettono di distinguere tra diversi tipi di eventi che hanno ognuno una sua peculiare distribuzione nel tempo. Le *attività* sono eventi che avvengono in un tempo esteso; le espressioni del nostro linguaggio che indicano questo tipo di eventi sono verbi come "correre" (Vendler 1957). Anche i *traguardi* sono eventi estesi nel tempo ma possiedono un punto di *culminazione* in cui viene completata l'azione; questo tipo di eventi sono indicati da espressioni come "disegnare un cerchio" (Vendler 1957). La differenza tra *attività* e *traguardi* consiste nel fatto che le prime sono omogenee nel loro svolgersi mentre i secondi no perché il punto di culminazione identifica un momento che ha un'importanza particolare per il compimento dell'azione (Vendler 1957). Gli *obiettivi* sono eventi istantanei; le espressioni che indicano questi eventi sono del tipo "raggiungere la vetta" o "vincere la gara" (Vendler 1957). Infine, gli *stati* sono eventi estesi nel tempo che non esprimono alcuna dinamicità; essi sono indicati da verbi come "conoscere" o "amare"; questo tipo di verbi, nonostante possa fare riferimento anche ad un periodo temporalmente esteso, in realtà, implica un riferimento implicito ad istanti temporali (Vendler 1957). Riguardo a queste 4 categorie Vendler (1957) osserva che le *attività* non indicano periodi di tempo determinati mentre i *traguardi* fanno riferimento ad un periodo preciso; gli *obiettivi*

[10] I termini originali usati da Vendler (1957) sono: *activities* (attività), *accomplishment* (traguardi), *achievements* (obiettivi) e *states* (stati).

coinvolgono il riferimento ad un unico e preciso istante mentre gli *stati* considerano gli istanti in un senso indeterminato. Da questa categorizzazione possiamo notare che il riferimento ad istanti temporali permette di specificare la locazione di un intervallo o di un evento.

In secondo luogo, vorrei prendere in considerazione, insieme a quella di Vendler (1957), anche l'analisi degli eventi fatta da Chisholm (1992); egli distingue soltanto due tipi di eventi: gli *inizi* e i *processi*. L'idea è quella di distinguere tra eventi che hanno una durata estesa, i *processi*, e quelli che sono istantanei, gli *inizi*. La categoria degli *inizi* include anche le *fini*; non esiste una differenza, se non linguistica, tra le due: la fine di un intervallo lungo il quale, supponiamo, è vero α è equivalente all'inizio dell'intervallo in cui è vero ¬α (Chisholm 1992). La distinzione di Chisholm (1992) tra *inizi* e *processi* permette di porre attenzione su un particolare aspetto degli eventi: gli *inizi* sono collocati ai limiti di un *processo*. Riprendendo l'esempio della vita di un individuo appare evidente che possiamo identificare un *processo*, un *inizio* e una *fine*: la vita corrisponde al *processo*, la nascita all'*inizio* e la morte alla *fine*; inoltre, possiamo notare come *inizio* e *fine* siano collocati ai limiti del *processo*.

Ricapitolando, le analisi di Vendler (1957) e Chisholm (1992) permettono di evidenziare due principali aspetti degli eventi: il primo riguarda il fatto che il nostro linguaggio ci permette di fare riferimento sia ad eventi temporalmente estesi che ad eventi istantanei; il secondo aspetto riguarda la locazione degli eventi istantanei rispetto a quelli temporalmente estesi che sembra essere tale che gli eventi istantanei sono locati ai limiti di intervalli estesi e fungano da confini di essi.

Per quanto riguarda il primo aspetto, se consideriamo la distinzione di Chisholm (1992) possiamo chiaramente individuare eventi istantanei e temporalmente estesi. Anche l'analisi di Vendler (1957), anche se più indirettamente, permette di osservare che il nostro linguaggio fa riferimento ad eventi istantanei quanto ad eventi temporalmente estesi: gli *obiettivi* fanno riferimento ad un evento istantaneo; *stati* ed *attività*, invece, fanno riferimento ad eventi temporalmente estesi; infine, i *traguardi* fanno, in qualche misura, riferimento ad entrambi in quanto si riferiscono ad un evento temporalmente esteso ponendo attenzione all'istante in cui culmina *culmina*.

Per quanto riguarda la posizione degli eventi istantanei rispetto a quelli temporalmente estesi possiamo notare come gli eventi istantanei a cui ci riferiamo siano locati agli estremi di qualche *processo*. La terminologia utilizzata da Chisholm (1992) è particolarmente illuminante in quanto evidenzia perfettamente che gli eventi istantanei fungono da confini per gli eventi temporalmente estesi. Osservando attentamente le categorie individuate da Vendler (1957) possiamo accorgerci che, anche in questo caso, quando viene fatto riferimento ad istanti, essi sono posti al limite di un intervallo. Quando parliamo di *traguardi* facciamo riferimento ad eventi temporalmente estesi con una culminazione; se consideriamo esempi standard come "disegnare un cerchio" o "costruire una casa" possiamo notare come l'istante in cui l'evento culmina sia locato alla fine del *processo*, nel momento in cui esso viene "completato". Il caso degli *obiettivi* è più spinoso ma anche in questo frangente l'evento istantaneo a cui facciamo riferimento si trova alla fine di un intervallo: le espressioni che denotano un *obiettivo* sono del tipo "raggiungere la vetta"; è intuitivo pensare che l'evento di raggiungere la vetta sia collocato alla fine dell'intervallo in cui si "scala la montagna"; è, invece, controintuitivo pensare che io un momento prima sia a casa mia e quello dopo io sia in cima alla montagna; quando facciamo riferimento ad un *obiettivo*, poniamo attenzione solamente al confine dell'intervallo e non, come nel caso dei traguardi, alla relazione tra intervallo e istante.

A questo punto si delinea con maggior precisione la relazione tra gli eventi e i confini: gli eventi istantanei sono i confini di eventi temporalmente estesi. È intuitivo pensare che nel momento in cui, con il linguaggio naturale, facciamo riferimento ad un istante, in realtà, ci stiamo riferendo ai confini di un evento temporalmente esteso. L'idea che gli eventi istantanei siano locati alla fine di un processo si allinea con la concezione dei confini di Hellman e Shapiro (2018: 171) secondo la quale i confini sono pure posizioni e sono solamente un modo di evidenziare alcuni aspetti delle regioni. Dunque, secondo questa concezione, fare riferimento ad eventi istantanei è solo un modo di porre attenzione ad una particolare locazione temporale o alla relazione tra due processi. La relazione tra continuum gunky ed eventi istantanei sarà approfondita nel paragrafo successivo.

Per concludere, eventi e confini sono strettamente legati nella misura in cui gli eventi istantanei sono i limiti degli eventi temporalmente estesi. Adottare il continuum gunky come modello del tempo permette di dare una specifica interpretazione a questa relazione: gli eventi istantanei sono delle locazioni sulla linea temporale mentre gli eventi temporalmente estesi sono quelli che compongono la linea temporale; così intesi, gli eventi istantanei, sono entità astratte che ci permettono di fare riferimento a delle specifiche locazioni sulla linea temporale; queste locazioni non sono parti della linea ma si trovano su di essa. L'obiettivo del paragrafo successivo è quello di applicare questa concezione degli eventi al problema dell'istante del cambiamento al fine di chiarificare ulteriormente come il continuum gunky ci permette di risolvere efficacemente il problema.

6.5. Eventi, continuum gunky e istante del cambiamento

Nel paragrafo precedente ho tentato di evidenziare la relazione tra eventi e confini. Attraverso la distinzione di Vendler (1957) tra *attività*, *traguardi*, *obiettivi* e *stati* e quella di Chisholm (1992), tra *inizi* e *processi* è stato possibile evidenziare due aspetti degli eventi: il primo è l'esistenza sia di eventi temporalmente estesi che di eventi istantanei; il secondo è che gli eventi istantanei sono locati agli estremi di quelli temporalmente estesi. L'obiettivo di questo paragrafo è quello di esplicitare, con più chiarezza, la relazione tra continuum gunky ed eventi al fine di evidenziare ulteriormente i vantaggi che offre il continuum Hellman e Shapiro (2013) nel trattamento del problema dell'istante del cambiamento.

Come primo passo, vorrei ricapitolare brevemente l'ontologia del continuum gunky. Gli intervalli sono le entità fondamentali di questa ontologia e compongono il continuum. Nonostante gli intervalli siano, effettivamente, le uniche entità che compongono la linea questo non ci priva della possibilità di fare riferimento ai punti, i quali vengono definiti come sequenze di Cauchy di intervalli decrescenti (Hellman and Shapiro 2013: 11); concepiti in questo modo, essi sono delle pure posizioni lungo la linea gunky. Dunque, i punti esistono come entità di livello superiore e non entrano in nessun tipo di relazione mereologica con gli intervalli (Hellman and Shapiro 2013: 7). Hellman e Shapiro (2018: 171) prendono in considerazione anche i confini che possono essere recuperati a partire dal continuum gunky; anch'essi vengono definiti come delle sequenze di intervalli annidati tra loro il che, considerato un continuum monodimensionale, fa di essi dei punti. Questo rende anche i confini delle entità astratte che non appaiono tra le entità fondamentali dell'ontologia da cui segue che il continuum gunky è una concezione boundary-free.

Riassumendo, partendo dal continuum di Hellman e Shapiro (2013) possiamo individuare almeno tre entità: intervalli, punti e confini. L'ontologia fondamentale di questa concezione del continuum è composta solamente da intervalli estesi; punti e confini sono entità che possono essere derivate a partire dall'ontologia di base. Questo significa che tutte e tre queste entità esistono ma bisogna tenere presente che punti e confini hanno un grado di esistenza superiore rispetto agli intervalli.

Nel momento in cui utilizziamo il continuum di Hellman e Shapiro (2013) come modello del tempo le entità che esso ci permette di utilizzare acquistano una connotazione temporale: gli intervalli diventano intervalli di tempo, i punti degli istanti e i confini degli istanti che si trovano sui bordi (temporali) di qualche intervallo. Gli istanti temporali, dal momento che sono equivalenti ai punti, individuano delle pure locazioni sulla linea del tempo; dunque, nel momento in cui facciamo riferimento ad istanti temporali non stiamo facendo riferimento ad un "tempo" ma ad una locazione sulla linea temporale.
Partendo da queste entità temporali è possibile fornire una caratterizzazione degli eventi fondata sul continuum di Hellman e Shapiro (2013). Consideriamo, per prima, la distinzione di Chisholm (1992) tra *inizi* e *processi*; il continuum gunky permette di adottare questa distinzione: i *processi* faranno riferimento ad intervalli estesi mentre gli *inizi* ad istanti. Se il tempo è modellato sul continuum gunky, allora possiamo dare una precisa interpretazione di questi eventi: i *processi* fanno riferimento agli intervalli, che sono le entità che compongono la linea temporale; dunque, fanno riferimento direttamente al tempo; gli *inizi*, invece, fanno riferimento ad istanti temporali, che sono entità astratte, e dunque fanno riferimento ad una locazione temporale. Anche la caratterizzazione degli eventi di Vendler (1957) può essere ricatturata dal continuum gunky. *Azioni* e *stati* sono eventi che avvengono in intervalli temporalmente estesi. I *traguardi* sono eventi che avvengono in un tempo esteso e che combinano una posizione con un intervallo; se consideriamo un *traguardo* come "disegnare un cerchio" esso sarà composto da un intervallo e da un istante; quest'ultimo ci informa su un particolare aspetto di quell'intervallo, cioè, il loco temporale in cui si completa l'azione e in cui il periodo termina. Infine, gli *obiettivi* avvengono in un istante. Come ho evidenziato nel paragrafo precedente, è intuitivo pensare che questo tipo eventi, nonostante avvengano in un istante, siano locati alla fine di un intervallo opportuno; questo permette di evidenziare che, rispetto ai *traguardi* che legano un periodo e un istante, gli *obiettivi* pongono attenzione solamente ad un istante temporale in cui avviene l'evento; nel presente quadro, un evento istantaneo indica solamente una locazione temporale. Dunque, da questa concezione degli eventi nel continuum gunky è possibile evidenziare che gli eventi temporalmente estesi avvengono in periodi di tempo estesi mentre gli eventi istantanei avvengono in determinate locazioni temporali puntiformi. Inoltre, è possibile evidenziare, come fa anche Chisholm (1992), che gli eventi istantanei non istanziano alcuna proprietà:

modellando il tempo sul continuum gunky le uniche entità fondamentali che compongono il tempo sono gli intervalli; gli istanti sono delle astrazioni che non appartengono alla linea temporale; dunque, nel momento in cui una proprietà è relativizzata al tempo risulterà intuitivo pensare che ciò che ne permette l'istanziazione è un intervallo temporale dal momento che il tempo è composto da essi.

Un'osservazione che è possibile fare nei confronti di questa caratterizzazione degli eventi riguarda *azioni* e *stati*: sembra perdersi la differenza tra queste due categorie in quanto sono entrambe dei *processi*. Secondo Vendler (1957) ciò che differenzia questi due tipi di eventi è il fatto che gli *stati* fanno un indiretto uso degli istanti temporali mentre le *azioni* no. È intuitivo, assunto il continuum gunky come modello del tempo, pensare che anche gli stati siano estesi temporalmente: dire che ho amato, o conosciuto, per un istante sembra essere qualcosa privo di contenuto tanto quanto aver corso per un istante. Nonostante ciò, è comunque possibile tracciare una differenza tra queste due categorie che può essere individuata, come fa Vendler (1957), nel tipo di verbo coinvolto: le attività sono denotate da verbi che indicano un qualche tipo di *dinamicità* mentre gli stati, come suggerisce il nome, sono denotati da verbi che indicano *staticità*. Dunque, possiamo ristabilire la differenza tra stati e attività grazie al tipo di verbo che viene utilizzato per denotarli; questa differenza sembra essere più linguistica che metafisica.

Riassumendo, unendo le analisi degli eventi di Vendler (1957) e Chisholm (1992) con le categorie del continuum di Hellman e Shapiro (2013) possiamo ricavare una peculiare concezione degli eventi: da un lato, gli eventi temporalmente estesi fanno riferimento direttamente al tempo, dall'altro, gli eventi istantanei si riferiscono a specifiche locazioni temporali; inoltre, gli eventi istantanei determinano le locazioni dei confini degli eventi temporalmente estesi. L'interazione tra tempo e locazioni temporali permette di avere un quadro nel quale il nostro linguaggio utilizza le locazioni temporali per comunicare alcuni aspetti delle regioni temporali come possono essere i confini o le relazioni rispetto ad altre regioni.

Questa concezione degli eventi permette di riformulare il problema dell'istante del cambiamento ponendo particolare attenzione al fatto che l'istante di transizione non è altro che una locazione temporale che non istanzia alcuna proprietà. La questione centrale del puzzle dell'istante del cambiamento è determinare lo stato in cui si trova un oggetto nel momento in cui passa da essere $\neg\alpha$ ad essere α (Priest 2006). Nei capitoli precedenti è emerso che, assumendo il continuum di Hellman e Shapiro (2013) come modello del tempo, il problema non si pone perché la transizione non fa parte della linea temporale. Attraverso la concezione degli eventi fin qui sviluppata è possibile precisare che la transizione esiste ma indica solamente la locazione temporale in cui si passa da un intervallo ad un altro. Dunque, è possibile riformulare il problema dell'istante del cambiamento in termini di eventi, cioè, definendolo come due processi divisi da un inizio; l'inizio, che identifica l'istante del cambiamento, nella presente interpretazione è soltanto la locazione temporale in cui avviene il passaggio da un processo all'altro; quell'istante temporale non predica nulla dell'oggetto ma comunica la posizione temporale della transizione esplicitando la relazione tra i due processi. Dunque, nel momento in cui assumiamo il continuum gunky gli eventi istantanei, che sono alla radice del problema dell'istante del cambiamento (Priest 2017: 218), sono da considerare soltanto come astrazioni che utilizziamo per riferirci a delle locazioni temporali che esplicitano la relazione tra due processi confinanti. Questo rende insensato domandarsi che proprietà possieda l'oggetto nell'istante di transizione: quell'istante indica solo la locazione in cui finisce un processo e ne inizia un altro e nessuna proprietà *stativa*, ossia correlata a uno stato (es. essere rosso o essere fermo) viene istanziata in quell'istante.

Per concludere, il continuum di Hellman e Shapiro (2013) permette di offrire una potenziale soluzione del problema dell'istante del cambiamento. Essa poggia su due intuizioni fondamentali: la prima è che gli intervalli sono le uniche entità che compongono il tempo e che gli istanti sono delle entità di livello superiore; la seconda è che non tutte le proprietà, come quelle stative, vengono esemplificate a istanti. La prima intuizione ha condotto al preferire un'ontologia di base composta solamente da intervalli; adottare il continuum di Hellman e Shapiro (2013) ha supportato questa intuizione permettendo di sviluppare un'ontologia su più livelli: il primo livello, quello più fondamentale, è composto da intervalli temporalmente estesi; il livello superiore, che implica un processo di astrazione, è composto da punti e confini i quali sono entità ammesse nella nostra teoria ma con un livello di esistenza superiore rispetto agli intervalli. La seconda intuizione ha un ruolo importante nel trattare il problema dell'istante del cambiamento; dire che le proprietà degli oggetti possono essere predicate per un tempo nullo sembra qualcosa di controintuitivo: dire che un oggetto, per esempio, è stato rosso o in movimento per un tempo nullo è qualcosa privo di qualsiasi contenuto informativo; dunque, nel momento in cui consideriamo il problema dell'istante del cambiamento esso perde di senso in quanto dire che un oggetto possiede o non possiede una proprietà in un istante è qualcosa privo di contenuto informativo. Il fatto che gli istanti temporali siano entità di livello superiore e che gli eventi istantanei non esemplifichino tutti i tipi di proprietà non equivale, necessariamente, ad eliminare queste due categorie ontologiche; questo sarebbe controintuitivo dal momento che, come è emerso dalle analisi degli eventi di Vendler (1957) e Chisholm (1992), il nostro linguaggio fa spesso riferimento ad istanti ed eventi istantanei; in questo frangente è possibile evidenziare la forza del sistema fin qui sviluppato che permette di adottare un'ontologia che, sviluppandosi su più livelli, rende pensabile il tempo come composto da intervalli senza rinunciare alla possibilità di fare riferimento agli istanti; in definitiva, questo permette di ammettere l'esistenza di eventi temporalmente estesi quanto di eventi istantanei i quali sono delle astrazioni che si correlano a locazioni temporali. Attraverso questa concezione degli eventi è stato possibile interpretare le transizioni istantanee, che generano il puzzle dell'istante del cambiamento, in modo che non siano problematiche. Questo, in definitiva, evidenzia il fatto che il continuum gunky offre alcuni vantaggi nell'affrontare il problema dell'istante del cambiamento e, potenzialmente, anche la sua controparte spaziale.

CONCLUSIONE

L'elaborato ha affrontato il problema dell'istante del cambiamento e offerto un potenziale modo di risolverlo o, quantomeno, di renderlo innocuo. Ciò che è stato messo in luce è che la struttura del tempo gioca un ruolo fondamentale nel trattare questo problema. Le soluzioni che si fondano sulla struttura standard del tempo, secondo la quale esso è composto da istanti, hanno diversi aspetti controintuitivi; invece, assumere che il tempo è gunky, cioè, composto solo da intervalli estesi, fornisce alcuni vantaggi nel trattare il problema senza incorrere in conseguenze particolarmente problematiche.

Il primo capitolo introduce alcune questioni principali: la soluzione standard dei paradossi di Zenone, le principali concezioni del cambiamento e i rispettivi punti di forza e debolezza. I paradossi di Zenone sono stati in grado di mettere in dubbio l'esistenza del movimento; a grandi linee, la fisica matematica è riuscita a risolvere questi paradossi attraverso strumenti di calcolo più raffinati. Secondo questa soluzione Zenone ha commesso un errore di calcolo. Il paradosso della freccia si è rivelato più ostico da risolvere in quanto si fonda sulla possibilità di determinare il movimento in un istante. Questa possibilità è alla base della differenza tra la visione cinematica e dialeteista che sono le principali concezioni del cambiamento; in particolare, secondo la prima il movimento è definito in base alla relazione tra due istanti differenti, mentre per la seconda il movimento è una proprietà che un oggetto possiede in un istante. Dal dibattito tra gli esponenti di queste due prospettive è emerso che ognuna di esse ha dei vantaggi e degli svantaggi. Non esiste, tuttavia, un argomento decisivo a favore di una delle due proposte, il che le rende entrambe due strade potenzialmente percorribili.

Il secondo capitolo tratta la soluzione aristotelica dei paradossi di Zenone. Le principali soluzioni che possiamo incontrare nel dibattito contemporaneo sul tema dell'istante del cambiamento si fondano su un'assunzione comune: la struttura temporale. Sia la visione dialeteista che quella cinematica concepiscono il tempo come composto da istanti inestesi. Anche Zenone sembrava condividere questa assunzione quando ha sviluppato i suoi paradossi. Aristotele è stato il primo a proporre una soluzione soddisfacente a questi problemi assumendo una struttura alternativa del tempo. Questa struttura è tale che le uniche parti che compongono la linea del tempo sono intervalli estesi e ogni intervallo è composto da altri intervalli. Partendo da questa concezione del tempo e della continuità, Aristotele, in alcuni passi della fisica, sembra trattare direttamente il problema dell'istante del cambiamento; la formulazione aristotelica di questo problema non è precisa e circoscritta come quella di Priest ma ne offre comunque una potenziale soluzione. La risposta aristotelica, tuttavia, risulta problematica tanto quanto quelle esposte nel primo capitolo. Dunque, l'importanza di Aristotele risiede in alcune delle sue intuizioni sulla continuità piuttosto che nella soluzione del problema da lui proposta. La concezione aristotelica della continuità è stata ripresa nella recente letteratura e, in particolare, è stata sviluppata da Hellman e Shapiro (2013) nella definizione di un continuum gunky.

Il capitolo terzo è dedicato all'esposizione del continuum Hellman e Shapiro (2013), i quali propongono un sistema assiomatico che ha l'obiettivo di ricatturare l'idea aristotelica che ciò che è continuo non può essere composto da indivisibili. Il risultato è un continuum le cui parti sono soltanto intervalli estesi e in cui ogni intervallo ha, a sua volta parti proprie. Il continuum di Hellman e Shapiro (2013) non è identico a quello proposto da Aristotele: una prima differenza riguarda la differenza tra infinito attuale e potenziale; la seconda riguarda i punti. Aristotele pensava che si potesse avere soltanto un infinito potenziale la cui infinità dipende dalla possibilità di illimitata iterazione di un'operazione matematica; Hellman e Shapiro (2013), invece, utilizzano il concetto di infinito attuale per il loro continuum. Per quanto riguarda i punti, Aristotele, in una certa misura, li concepisce come parti potenziali del continuum mentre Hellman e Shapiro (2013) sono più radicali e negano che i punti siano in qualsiasi misura parti del continuum. Dunque, il continuum gunky esposto da Hellman e Shapiro (2013) prende le mosse dalle idee aristoteliche sulla continuità arrivando ad una concezione del continuum che può essere definita semi-aristotelica in quanto presenta alcune importanti differenze.

Le concezioni del cambiamento e le rispettive soluzioni che sono state esaminate nel primo capitolo si sono rivelate, per diversi aspetti, insoddisfacenti; i problemi a cui queste concezioni vanno incontro sembrano avere una fonte comune: la struttura del tempo assunta. Il capitolo quarto argomenta che il modello del continuum e la struttura temporale che ne deriva hanno un'importanza rilevante rispetto al problema dell'istante del cambiamento. Ciò che è stato possibile evidenziare è che modellare il tempo sul continuum gunky facilita la trattazione del problema dell'istante del cambiamento; in particolare, se gli istanti temporali non fanno parte della linea del tempo e sono solo delle astrazioni, allora anche l'istante del cambiamento risulterà essere soltanto un'astrazione.

Sostenere che gli istanti non compongano il tempo non significa eliminarli come categoria ontologica: il continuum di Hellman e Shapiro (2013) permette di recuperare il continuum classico e, di conseguenza, il modello standard del tempo come una struttura che possiamo imporre sul continuum gunky. Questo significa che possiamo recuperare i punti e gli istanti come entità di livello superiore che non entrano in nessun tipo di relazione mereologica con gli intervalli che, invece, sono le entità fondamentali che compongono il continuum. Dunque, anche se i punti non sono parti del continuum è possibile recuperare la struttura puntiforme in modo da legittimare il riferimento a punti ed istanti temporali. Partendo da questa struttura del tempo è possibile definire il cambiamento in modo tale che non sorga il puzzle dell'istante del cambiamento: un cambiamento sarà caratterizzato da due intervalli adiacenti in cui si verificano stati incompatibili divisi in modo netto.

La nostra concezione del moto è una delle cose che viene maggiormente influenzate dal modo in cui modelliamo tempo e spazio. Il capitolo quinto analizza come, partendo dal continuum gunky, possiamo sviluppare una funzione del moto e come la nostra concezione del cambiamento influenzi il nostro modo di rappresentare il moto. Per quanto riguarda le equazioni del moto il continuum gunky permette di sviluppare una funzione che va intervalli temporali a intervalli spaziali; questa funzione dovrebbe essere equivalente a quella standard da punti nel tempo a punti nello spazio; tuttavia, la funzione ad intervalli risulta essere meno generica rispetto alla controparte puntiforme in quanto esistono diversi tipi di moto che essa non riesce a rappresentare. Questo, tuttavia, non è un problema così grande: dal momento che il continuum di Dedekind-Cantor è recuperabile a partire da quello gunky possiamo utilizzare i due modelli per scopi differenti, cioè il continuum gunky come modello metafisico del tempo e quello classico come un'approssimazione utile per dare alcune rappresentazioni fisico-matematiche di alcuni fenomeni. Le nostre concezioni del cambiamento, invece, influenzano il legame tra il moto e le velocità istantanee. In particolare, le concezioni che si fondano sul continuum classico, in qualche misura, non riescono a rinunciare totalmente al movimento istantaneo; invece, il continuum di Hellman e Shapiro (2013) permette di avere una concezione del movimento in cui muoversi è semplicemente occupare posizioni differenti in tempi differenti, e che non richiede riferimento a velocità istantanee.

Infine, il capitolo sesto espone alcune considerazioni conclusive che riguardano principalmente la relazione tra topologia e mereologia, i confini e gli eventi. La relazione tra topologia e mereologia è da prendere in considerazione perché l'assiomatizzazione di Hellman e Shapiro (2013) utilizza nozioni primitive da entrambe le discipline; in definitiva è emerso che l'approccio degli autori verso la relazione di queste discipline è quello di considerarle come due domini separati evitando, così, di attribuire un ruolo più fondamentale a una delle due. Confini ed eventi sono strettamente legati e permettono di offrire una visione differente del problema dell'istante del cambiamento. Per quanto riguarda i confini possiamo individuare due approcci principali: quello realista e quello antirealista. Il primo considera i confini come delle entità appartenenti all'ontologia fondamentale di una teoria; il secondo come entità astratte che non appartengono all'ontologia fondamentale. Per le concezioni antirealiste il problema dell'istante del cambiamento, o la sua controparte spaziale, non è difficoltoso da affrontare quanto per le concezioni realiste. È naturale che Hellman e Shapiro (2013) optino per una concezione antirealista dei confini in quanto queste concezioni dei confini sono spesso legate all'idea che tempo e spazio siano gunky. In particolare, essi definiscono i confini come sequenze di intervalli annidati tra loro e questo fa dei confini delle entità astratte che non appartengono all'ontologia fondamentale della teoria. Per quanto riguarda gli eventi sono state prese in considerazione le analisi di Vendler e Chisholm dalle quale è emersa l'esistenza sia di eventi istantanei che di eventi temporalmente estesi. Partendo da queste analisi dei tipi di eventi a cui il nostro linguaggio fa riferimento è possibili iniziare a delineare la relazione tra eventi e confini: alcuni eventi istantanei sono i confini di eventi temporalmente estesi. Il continuum gunky ha permesso di interpretare in modo specifico questa relazione: gli eventi istantanei indicano locazioni temporali mentre quelli temporalmente estesi compongono la linea temporale. Intesi in questo modo, gli eventi istantanei sono soltanto delle astrazioni. Questa concezione di eventi e confini permette di concepire in modo differente il problema dell'istante del cambiamento. L'idea principale è che l'istante del cambiamento identifica un evento istantaneo che delimita due eventi temporalmente estesi e adiacenti; l'evento istantaneo indica la locazione temporale della transizione tra i due eventi temporalmente estesi ma non esemplifica alcuna proprietà stativa. In conclusione, il continuum gunky ci fornisce un'ontologia che, sviluppandosi su più livelli, fornisce diversi vantaggi. Un primo vantaggio riguarda gli eventi: un’ontologia su più livelli ammette l’esistenza sia di eventi temporalmente estesi che di eventi istantanei nonostante il tempo sia composto solo da intervalli; questo è possibile perché gli eventi istantanei non fanno parte dell’ontologia di base ma appartengono al livello ontologico superiore. Un ulteriore vantaggio riguarda il problema dell’istante del cambiamento, che sorge nel momento in cui vogliamo determinare in che stato si trova un oggetto nel momento in cui avviene un cambiamento di stato. Un’ontologia su più livelli permette di risolvere il problema senza eliminare gli istanti o gli eventi istantanei come categorie ontologiche.

BIBLIOGRAFIA

- Aristotele. 1996. *Fisica libri I e II, traduzione e cura di Ferruccio Franco Repellini*. Milano: Mondadori.
- Arntzenius, Frank. 2000. "Are There Really Instantaneous Velocities", *The Monist* 83:2, 187-208.
- Bardon, Adrian. 2013. *A Brief History of Philosophy of Time*. New York: Oxford University Press.
- Barry, Smith. 1996. "Mereotopology: A Theory of Parts and Boundaries". *Data and Knowledge Engineering* 20: 287-303.
- Bell, L. John. 2022. "Continuity and Infinitesimals", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.). URL= https://plato.stanford.edu/archives/spr2022/entries/continuity/.
- Calosi, Claudio. 2011. "Mereologia", *Aphex,* 3:23-78. URL = <*www.aphex.it*>.
- Cameron, Ross P. 2015. *The Moving Spotlight, an Essay on Time and Ontology.* New York: Oxford University Press.
- Casati, Roberto and Varzi, Achille. 2023. "Events", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.). URL = https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/events/.
- Chisholm, Roderick M. 1992. "The Basic Ontological Categories", in *Language, Truth and Ontology*, 1-13.
- Dowden, Bradley. "Zeno's Paradoxes", *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. https://iep.utm.edu/zenos-paradoxes/, 14/11/2023.
- Goldman, I. Alvin. 1989. "Metaphysics, Mind and Mental Science", *Philosophical Topics,* Vol. *17,* No. *1*, *Philosophy of Mind, 131-145*.
- Hamblin, C. L. 1972. "Instant and Intervals" in Fraser J. T., Haber F. C. e Muller G.H. *The Study of Time*. New York: Springer-Verlag.
- Hawley, Katherine. 2023. "Temporal Parts", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.). URL= https://plato.stanford.edu/archives/spr2023/entries/temporal-parts/.
- Hellman, G. and Shapiro, S. 2012. "Towards a Point-free Account of the Continuous", *Iyyun: The Jerusalem Philosophical Quarterly* 61:253-287.

- Hellman, G. and Shapiro, S. 2013. "The Classical Continuum without Points", *The Review of Symbolic Logic* 6:488-512.
- Hellman, G. and Shapiro, S. 2018. *Varieties of continua, from Regions to Points and Back*. New York: Oxford University Press.
- Hugget, Nick. 2019. "Zeno's Paradoxes", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/paradox-zeno/.
- Littmann, Greg. 2012. "Moments of Change", *Acta Analytica* 27:29–44.
- Littmann, Greg. 2017. "Contradictory Change", *Vivarium* 55:227-236.
- Markosian Ned, Sullivan Meghan and Emery Nina. 2020. "Time", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
- Maudlin, Tim. 2012. *Philosophy of Physics, Space and Time.* United Kingdom: Princeton University Press.
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/time/.
- Mortensen, Chris. 1985. "The limits of change", *Australasian Journal of Philosophy* 63:1, 1-10.
- Mortensen, Chris. 1997. "The Leibniz Continuity Condition, Inconsistency and Quantum Dynamics", *Journal of Philosophical Logic* 26:377–389.
- Mortensen, Chris. 2020. "Change and Inconsistency", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/spr2020/entries/change/.
- Peirce, C. S. 1893, 'The Logic of Quantity', in C. Hartshorne and P. Weiss. 1933. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Volume 4*. Cambridge: Harvard University Press, 59–131.
- Pickup, Martin. 2022. "Unsettledness in Times of Change", Synthese 200:116.
- Priest, Graham. 1985. "Inconsistencies in Motion", *American Philosophical Quaterly* 22:339-346.
- Priest, Graham. 2006. *In Contradiction, A Study of the Transconsistent*. New York: Oxford University Press.
- Priest, Graham. 2017. "Contradiction and the Instant of Change Revisited", *Vivarium* 55:217-226.

- Priest Graham, Francesco Berto and Zach Weber. 2022. "Paraconsistent Logic", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/spr2022/entries/logic-paraconsistent/.
- Priest, Graham, Francesco Berto and Zach Weber. 2023. "Dialetheism", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/sum2023/entries/dialetheism/.
- Reck, Eric. 2023. "Dedekind's Contributions to the Foundation of Mathematics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy,* Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/dedekind-foundations/.
- Smith, Barry. 1996. "Mereotopology: a Theory of Parts and Boundaries", *Data and Knowledge Engineering* 20:287-303.
- Sorabji Richard and Krezmann Norman. 1976. "Aristotle on the Instant of Change", *Proceedings of the Aristotelian Society, Supplementary Volumes* 50:69-89+91-114.
- Spolaore, Giuseppe. 2017. "Gunky Time and Indeterminate Existence", *Manuscrito* 40:1, 81-86.
- Varzi, Achille. 1994. "On the Boundary Between Mereology and Topology", in Roberto Casati, Barry Smith, and Graham White. 1994. *Philosophy and the Cognitive Sciences. Proceedings of the 16th International Wittgenstein Symposium*, Vienna, Hölder-Pichler-Tempsky, 423–442.
- Varzi, Achille. 1997. "Boundaries, Continuity and Contact", *Nous* 31:1, 26-58.
- Varzi, Achille. 2019. "Mereology", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/mereology/.
- Varzi, Achille. 2023. "Boundary", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
  URL = https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/boundary/. (non ancora pubblicato).
- Vendler, Zeno. 1957. "Verbs and Times", *The Philosophical Review*, 2:143-160.
- Weber, Zach. "Paraconsistent Logic", *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. https://iep.utm.edu/para-log/, 14/11/2023.
- White, J. Michael. 1988. "On Continuity: Aristotle versus Topology?", *History and Philosophy of Logic* 9:1-12.