

## APPENDICE TECNICA ESTESA - P1

*Relazione unificata tra  $z(t)$ ,  $R(t)$ ,  $\Phi(t)$*

**Autore:** Ivan Carenzi

**ORCID:** 0009-0006-0108-7808

**Serie:** Studi Avanzati di Ricerca sulla Fisica Informazionale

**Documento:** Appendice Tecnica Estesa

**Data:** 2025-10-09

**Lingua:** Italiano

### Nota di scopo (Appendice):

Questa Appendice Tecnica Estesa accompagna lo Studio del P1 chiarendo in modo operativo i ruoli di  $z(t)$ ,  $R(t)$  e  $\Phi(t)$  e il vincolo che li unifica. Presenta le letture locale e integrale della relazione, discute le condizioni di consistenza rispetto a cambi di parametrizzazione e analizza casi limite ( $\Phi \rightarrow 0$ , tratti con  $z$  non monotona, porzioni a variazione minima). Include esempi applicativi multiscala e criteri di controllo per l'uso corretto del legame  $z-\Phi-R$  in contesti osservativi e ricostruttivi, senza introdurre nuovi risultati rispetto al testo principale.

**Parole chiave:**  $z(t)$ ;  $R(t)$ ;  $\Phi(t)$ ; definizioni operative; relazione locale; relazione integrale; invarianza di parametrizzazione; casi limite; esempi applicativi; criteri di controllo

Questa Appendice racconta il cammino che porta a tenere insieme tre grandezze che, a prima vista, sembrano parlare linguaggi diversi:  $z(t)$ ,  $R(t)$  e  $\Phi(t)$ . Il lettore può immaginare  $z(t)$  come la misura del “quanto” un istante differisce dal successivo: non un semplice contachilometri del tempo, ma un indice di trasformazione, il battito con cui il reale si riallinea di continuo rispetto a se stesso.  $R(t)$  è la traccia che questa trasformazione lascia: una traiettoria che non descrive solo “dove siamo arrivati”, ma quanto di quella trasformazione è diventato realtà condivisa, stabile, misurabile.  $\Phi(t)$  è la chiave che li connette: rappresenta l’intensità con cui le differenze si traducono in atti compiuti. Quando  $\Phi$  è assente, la scena resta sospesa; quando  $\Phi$  è presente, la scena avanza e la traccia si addensa.

Il cuore della risoluzione del P1 è mostrare che questa connessione non è un expediente didattico, ma una necessità interna della teoria. Il percorso che segue non ripete la dimostrazione formale dello Studio né l’ampio respiro del Commentario: li assume e li attraversa per dare al lettore il filo logico dell’insieme. Un filo che si può dire così: ogni volta che il mondo “cambia di stato” ( $z$ ), una parte di quel cambiamento diventa realtà effettiva ( $R$ ) con un’intensità precisa ( $\Phi$ ). Non si tratta di aggiungere una formula in più, ma di chiarire che i tre termini sono lo stesso movimento visto da tre prospettive complementari: differenza, atto, traccia.

C’è un aspetto importante: la nostra descrizione non dipende dall’orologio con cui contiamo. Possiamo scandire gli eventi a passi piccoli o grandi, con strumenti diversi e su scale differenti; ciò che conta è la coerenza del percorso. Se la trasformazione resta ordinata a tratti, l’“area” di realtà attualizzata—la quantità di mondo che abbiamo davvero portato a compimento—non cambia con il cambio di metronomo. In altre parole, la connessione tra  $z$ ,  $\Phi$  e  $R$  è geometrica prima ancora che dinamica: vale per il cammino, non per l’etichetta che gli diamo. Questa caratteristica, apparentemente tecnica, ha in realtà un valore concettuale forte: rende la costruzione robusta, perché non dipende da scelte locali di descrizione, ma dal disegno complessivo del divenire.

Un ulteriore punto che spesso sorprende è l’indipendenza tra il verso in cui misuriamo la trasformazione e la direzione con cui la realtà avanza. In alcuni regimi,  $z$  può diminuire mentre il processo di attualizzazione procede nella stessa direzione complessiva: ciò non è una contraddizione, ma un segno della buona impostazione del modello. La direzione effettiva è infatti

decisa da  $\Phi$ , cioè dall'intensità con cui rendiamo presenti le possibilità;  $z$  ne misura il passo, non il fine. Così si comprende perché i diversi regimi del divenire—quelli più antichi, quelli di transizione, quelli più familiari—si armonizzino senza fratture: cambiano i ritmi, non la legge che li orchestra.

In molti contesti è possibile osservare  $z(t)$  in modo indiretto, perché la trasformazione lascia segni misurabili, e si possono ricostruire tratti di  $R(t)$  come esito di comportamenti, misure o coerenze condivise. In questi casi,  $\Phi(t)$  diventa una quantità stimabile: possiamo risalire all'intensità con cui le differenze si fanno realtà. Questo apre la strada a una “tomografia informazionale”: mappe dell'attualizzazione che, a partire dai dati disponibili, restituiscono l'ordine interno con cui il reale si compone. L'Appendice, dunque, non si limita a raccontare come siamo arrivati al risultato; indica anche come usarlo senza tradirne lo spirito, mantenendo saldo il legame tra differenza, atto e traccia che dà forma all'intero impianto.

Per comprendere questa risoluzione occorre familiarizzare con i tre simboli che costituiscono l'ossatura dell'intero discorso:  $z(t)$ ,  $R(t)$  e  $\Phi(t)$ . Non sono semplici lettere matematiche, ma condensano idee che richiedono una spiegazione attenta, perché ciascuna porta con sé un ruolo indispensabile. Il primo simbolo,  $z(t)$ , è stato scelto per indicare la trasformazione informazionale. In altri contesti lo si potrebbe confondere con l'ordinario redshift cosmologico, ma qui assume un significato del tutto diverso. È il parametro che misura quanto uno stato differisce dal successivo: in altre parole, il passo con cui il divenire si rinnova. Immaginiamo di osservare due configurazioni successive del mondo; la distanza che le separa, non nello spazio o nel tempo ma nella loro struttura informazionale, è ciò che  $z(t)$  registra. È un indice che non ha unità di misura tradizionali, perché rappresenta una differenza pura, una variazione senza dimensioni. Potremmo pensarlo come un filo che si tende e si accorcia, dando il ritmo a ogni mutamento.

Il secondo simbolo,  $R(t)$ , è la traiettoria autocosciente. A prima vista sembra una funzione accumulativa, qualcosa che cresce man mano che il processo avanza. In realtà, la sua natura è più sottile:  $R(t)$  rappresenta la quantità di realtà che, lungo il percorso di trasformazione, è stata effettivamente attualizzata. Ogni volta che  $z(t)$  segna un passo, se questo passo porta con sé un atto compiuto, allora  $R(t)$  si incrementa. È come il diario di bordo della coscienza: non registra solo il movimento, ma soltanto i tratti in cui il movimento ha davvero lasciato un segno stabile. È quindi una traiettoria che riflette l'aspetto qualitativo e sostanziale dell'evoluzione, non solo la sua apparenza.

Infine, il terzo simbolo,  $\Phi(t)$ , svolge la funzione di legame. Si può definire come densità di attualizzazione: la misura di quanto, in ciascun passo di differenza ( $z$ ), diventa atto compiuto ( $R$ ). È l'intensità che regola la traduzione dal possibile al reale. Là dove  $\Phi$  è nulla, le trasformazioni rimangono silenziose, come se non avessero trovato il modo di imprimersi. Là dove  $\Phi$  è positiva, il processo scorre e lascia traccia. Non si tratta quindi di una forza nel senso fisico classico, né di un'energia nel senso termodinamico, ma di un potenziale informazionale: la capacità di trasformare una differenza in presenza.

Questi tre simboli, presi insieme, formano una triade inseparabile.  $z(t)$  da solo rimarrebbe un contatore sterile;  $R(t)$  senza  $\Phi$  non avrebbe ritmo né intensità;  $\Phi$  senza  $z$  non avrebbe su cosa agire. È solo nel loro intreccio che acquistano senso. Ogni formula e ogni costruzione che seguirà non fa altro che rendere esplicito questo legame, mostrandone la necessità. Non si tratta di una convenzione arbitraria, ma di un riconoscimento: in ogni processo reale esiste sempre una differenza da misurare ( $z$ ), un'intensità con cui quella differenza si attua ( $\Phi$ ) e una traccia che rimane ( $R$ ). La Fisica Informazionale si fonda proprio sul far emergere questa struttura nascosta, portandola al livello della rappresentazione metrica.

Il cammino che porta a unificare  $z(t)$ ,  $R(t)$  e  $\Phi(t)$  non nasce da un atto arbitrario, ma da una necessità progressiva. Per comprenderlo, occorre ripercorrere i passi che hanno condotto a vedere come tre grandezze apparentemente autonome possano rivelarsi le facce di uno stesso processo. Il punto di partenza è la constatazione che ogni realtà che evolve manifesta differenze misurabili. Non si dà mutamento senza un indice che segni la distanza tra ciò che era e ciò che è. Questo indice è ciò che chiamiamo  $z(t)$ : non un tempo assoluto, non una misura spaziale, ma un marcitore di differenza. Se immaginiamo l'universo come un testo che si scrive riga dopo riga,  $z$  è il salto di riga, la spaziatura che distingue un segmento dall'altro. Senza di esso non potremmo distinguere un prima da un dopo: il mondo apparirebbe immobile, privo di articolazione.

Ma non basta registrare la differenza: occorre capire se e come questa differenza si traduce in atto. Non ogni variazione diventa un evento significativo; molte restano possibilità non realizzate, rumore senza eco. Qui entra in gioco  $\Phi(t)$ . Esso decide quanto di ogni passo di  $z$  si trasformi in presenza concreta. È come la voce che, leggendo il testo, sceglie con quale enfasi pronunciare le parole. Un passaggio letto a voce alta resta impresso, un altro sussurrato svanisce.  $\Phi$  è l'intensità con cui le differenze diventano realtà vissuta.

A questo punto compare la traiettoria  $R(t)$ . È il risultato cumulativo del processo: la linea che unisce gli atti compiuti, la mappa delle differenze che hanno trovato forza di esprimersi. In questa traiettoria il tempo non è un semplice contenitore, ma lo sfondo su cui la coscienza disegna la propria scia. Ogni incremento di  $R$  corrisponde a un atto di attualizzazione, un tratto in cui la trasformazione ha assunto consistenza.

Il passo successivo, cruciale, è comprendere che queste tre grandezze non si affiancano come tre registri separati, ma sono legate da una legge interna. Ogni volta che  $z$  cambia,  $R$  può avanzare solo in proporzione a  $\Phi$ . È qui che si svela il legame: il ritmo di crescita di  $R$  non dipende direttamente dal tempo, ma dalla combinazione tra il passo di  $z$  e l'intensità di  $\Phi$ . La relazione che ne deriva, nella sua forma più semplice, afferma che la variazione della traiettoria è uguale alla densità di attualizzazione moltiplicata per la variazione della trasformazione. In altri termini: ciò che la coscienza accumula ( $R$ ) non è che la somma dei passi di differenza ( $z$ ), pesati dall'intensità con cui vengono attuati ( $\Phi$ ).

Questa idea, espressa in modo lineare, porta a una conseguenza sorprendente. Non importa come scandiamo il processo: se lo facciamo a passi minimi o a intervalli ampi, la traiettoria risultante resta la stessa, purché il legame interno fra le grandezze sia rispettato. Il percorso non dipende dalla scelta di un orologio, ma dal profilo stesso delle differenze e dall'intensità con cui sono state attuate. È un'invarianza che libera la teoria dal vincolo di una misura esterna: il cammino vale per sé stesso, indipendentemente dall'unità con cui lo descriviamo.

Un altro punto decisivo riguarda la direzione. Non sempre la trasformazione procede con lo stesso segno: in alcuni tratti può aumentare, in altri diminuire. Tuttavia, la traiettoria autocosciente non perde coerenza: segue il filo dettato da  $\Phi$ , non dal verso di  $z$ . Ciò significa che il mondo può "contrarsi" in termini di differenza, e tuttavia continuare ad avanzare nella sua realtà, purché l'intensità dell'attualizzazione lo sostenga. Questa asimmetria è ciò che permette al modello di unificare fasi diverse senza cadere in contraddizione.

Alla fine del percorso logico, ciò che inizialmente appariva come tre linee parallele si ricompone in un'unica architettura:  $z$  come differenza,  $\Phi$  come intensità,  $R$  come traccia. La loro connessione non è un artificio, ma un vincolo necessario. La Fisica Informazionale mostra così che ogni processo reale è più che un fluire: è una tessitura in cui differenze, intensità e tracce si intrecciano secondo una legge unica.

Arrivati a questo punto, possiamo chiederci: che cosa dicono davvero le formule che legano  $z(t)$ ,  $R(t)$  e  $\Phi(t)$ ? Non si tratta di cifre poste in fila per conferire autorità, ma di espressioni compatte che racchiudono un'intera logica. Ogni simbolo, in quelle formule, parla una lingua precisa, e comprenderla significa accedere al cuore della teoria.

La prima identità fondamentale stabilisce che la variazione della traiettoria autocosciente è pari all'intensità di attualizzazione moltiplicata per la variazione della trasformazione. In termini più semplici:  $R$  cresce esattamente nella misura in cui  $z$  evolve, ma soltanto nella parte pesata da  $\Phi$ . È come dire che la realtà non registra ogni differenza in maniera indiscriminata: la registra solo quando c'è abbastanza intensità da renderla significativa. Senza  $\Phi$ , i passi di  $z$  restano vuoti; senza  $z$ ,  $\Phi$  non ha terreno su cui agire; senza  $R$ , il tutto rimarrebbe effimero, privo di memoria.

La seconda espressione che emerge è quella integrale. Essa mostra che la traiettoria complessiva non è altro che la somma, passo dopo passo, di tutte le attualizzazioni avvenute lungo il cammino. In altre parole,  $R$  non si costruisce per salti isolati, ma accumula gradualmente ciò che  $\Phi$  ha reso reale. Ogni intervallo, per quanto piccolo, contribuisce al risultato finale. L'immagine che se ne ricava è quella di un tessuto: ogni filo sottile contribuisce al disegno complessivo, e l'intero non è riducibile a nessuna delle singole parti.

La terza formula, forse la più essenziale, dice che l'intensità di attualizzazione è pari alla pendenza della traiettoria rispetto alla trasformazione. Detta così, sembra un dettaglio tecnico; ma il suo significato è profondo. Significa che  $\Phi$  non è un'entità separata da  $z$  e  $R$ : è il modo stesso in cui  $R$  si inclina lungo  $z$ . È come osservare una collina: la sua pendenza non è qualcosa di aggiunto al terreno, è la relazione intrinseca tra quota e distanza. Allo stesso modo,  $\Phi$  è la relazione intrinseca tra ciò che si attualizza e la differenza che lo sorregge.

Da queste tre formule—la locale, l'integrale e la metrica—si ricava un quadro coerente. Non ci sono ridondanze, ma prospettive diverse dello stesso legame. Localmente, vediamo come la realtà cresce istante per istante. Globalmente, osserviamo la traiettoria accumulata. Metricamente, riconosciamo che l'intensità è la pendenza del cammino. Insieme, queste letture compongono un linguaggio unitario che permette di descrivere qualunque processo informazionale, dai più elementari ai più complessi.

Un aspetto ancora più sorprendente è che queste formule sono indipendenti dal parametro con cui scegliamo di descrivere il processo. Che scandiamo gli eventi con un tempo lineare, logaritmico o di altra natura, il risultato resta invariato. L'integrale non dipende dall'etichetta temporale, ma dal profilo del cammino. Questa proprietà è ciò che dà robustezza alla costruzione: mostra che non abbiamo a che fare con un trucco legato a un sistema di misura particolare, ma con una relazione intrinseca che appartiene al processo stesso.

Le formule, dunque, non vanno viste come un blocco di simboli riservato agli specialisti. Vanno lette come condensazioni di un racconto che abbiamo già avviato: un racconto in cui la differenza ( $z$ ) fornisce il passo, l'intensità ( $\Phi$ ) dà la voce, e la traiettoria ( $R$ ) scrive la memoria del cammino. Esse garantiscono che questo intreccio non sia frutto di interpretazioni soggettive, ma obbedisca a un principio oggettivo, valido in ogni circostanza in cui ci sia un mondo che si trasforma.

Per dare vita alle formule e non lasciarle sospese in un cielo astratto, è utile considerare alcuni esempi. Essi non hanno lo scopo di dimostrare ulteriormente la validità del modello—cosa già compiuta nello Studio tecnico—ma di mostrarne la concretezza. Sono finestre attraverso cui osservare come i simboli si incarnano in situazioni diverse, dal cosmo all'esperienza umana.

Immaginiamo, per cominciare, un sistema fisico semplice: una particella che può trovarsi in due stati. Ogni passaggio da uno stato all’altro rappresenta una differenza, ed è quindi registrato da  $z$ . Se però la particella oscilla senza mai stabilizzarsi, il suo  $R$  rimane nullo: il movimento non lascia traccia effettiva. Solo quando una variazione si consolida in un esito stabile,  $\Phi$  interviene a segnarne il peso, e  $R$  si incrementa. In questa chiave, il comportamento quantistico può essere letto come una successione di differenze, molte delle quali restano silenti, finché l’atto della misura ne attualizza una, trasformando la potenzialità in traccia.

Passiamo ora a un’immagine più vicina all’esperienza quotidiana. Pensiamo a un ricordo che si forma. Durante una giornata incontriamo innumerevoli stimoli, ognuno dei quali corrisponde a un piccolo passo di  $z$ : una variazione rispetto allo stato precedente. Ma non tutti gli stimoli diventano memoria. Alcuni restano effimeri, altri si imprimono. Ciò che decide è l’intensità di  $\Phi$ : la forza emotiva, l’attenzione, la risonanza interiore. Quando  $\Phi$  è forte, il ricordo entra a far parte della traiettoria  $R$ , lasciando una traccia duratura. Così, la memoria non è la registrazione passiva di ogni differenza, ma la selezione attiva di quelle che l’intensità ha reso significative.

Un terzo esempio, questa volta a scala cosmologica, aiuta a cogliere la portata universale della triade. Supponiamo di guardare l’evoluzione di un sistema stellare. I parametri fisici che ne segnano la trasformazione—luminosità, frequenza delle pulsazioni, mutamenti chimici—possono essere pensati come variazioni di  $z$ . Non tutte queste trasformazioni portano però a un cambiamento sostanziale nella vita del sistema. Alcune oscillazioni si riassorbono, altre segnano punti di non ritorno. La nascita di una supernova, ad esempio, è un atto che lascia una traccia irreversibile: il  $R$  del sistema compie un salto netto. In quel momento  $\Phi$  ha raggiunto il valore necessario a trasformare la differenza in evento cosmico.

C’è anche un’applicazione più sottile, che riguarda i processi collettivi. In un gruppo umano, le opinioni, le parole e i gesti si susseguono come differenze continue, registrabili da  $z$ . Ma non tutte queste variazioni diventano storia condivisa. Molte si perdono, altre si cristallizzano in decisioni, istituzioni, memorie collettive. In questi casi,  $\Phi$  rappresenta l’intensità con cui la comunità attualizza certe differenze piuttosto che altre, trasformandole in parte integrante del suo  $R$ . Un voto, una scoperta, una tradizione sono esempi di come il flusso delle differenze diventi realtà duratura quando attraversa la soglia dell’attualizzazione.

Questi esempi, diversi per scala e contesto, mostrano un tratto comune: senza  $z$ , non c’è differenza; senza  $\Phi$ , non c’è atto; senza  $R$ , non c’è memoria del percorso. La formula che li lega non è quindi un artificio matematico, ma un principio operativo che si ripresenta in ogni livello del reale. Essa descrive con la stessa eleganza tanto un salto quantistico quanto la formazione di un ricordo, tanto l’esplosione di una stella quanto la decisione di una comunità. È proprio questa versatilità a segnare il carattere universale della Fisica Informazionale.

Il percorso che abbiamo seguito in questa Appendice ha mostrato come tre simboli— $z(t)$ ,  $R(t)$  e  $\Phi(t)$ —si rivelino non semplici variabili matematiche, ma le chiavi di una struttura universale. Abbiamo visto che  $z(t)$  misura la differenza, il passo con cui il mondo si rinnova; che  $R(t)$  traccia la realtà effettivamente attualizzata, la memoria stabile del cammino; e che  $\Phi(t)$  regola l’intensità con cui le differenze diventano presenza concreta.

Il filo logico ci ha condotti a comprendere che questi tre elementi non possono esistere isolati. La differenza senza attualizzazione resta vuota, l’attualizzazione senza differenza non ha terreno su cui agire, la traccia senza le prime due non ha motivo di formarsi. È il loro intreccio che dà senso al processo, e le formule che li collegano non sono che il riflesso compatto di questa necessità: la variazione di  $R$  è pari alla differenza di  $z$  pesata da  $\Phi$ ; la traiettoria totale è la somma degli atti compiuti; l’intensità stessa è la pendenza del cammino lungo la trasformazione.

Ciò che colpisce è la robustezza di questa costruzione. Essa non dipende dall'unità di misura scelta, né dalla direzione apparente del processo. Che il divenire sembri espandersi o contrarsi, che lo si osservi a passi minimi o su grandi intervalli, la legge resta invariata: l'attualizzazione segue il ritmo interno dettato da  $\Phi$ . Questa indipendenza non è un dettaglio tecnico, ma la prova che siamo di fronte a una struttura intrinseca, valida in ogni dominio in cui vi sia trasformazione, coscienza e memoria.

Gli esempi applicativi hanno mostrato che il principio non si limita a un settore ristretto: illumina fenomeni fisici, biologici, cognitivi e sociali. Un salto quantistico, la formazione di un ricordo, l'esplosione di una stella, una decisione collettiva: in tutti questi casi, la differenza si traduce in atto solo se vi è sufficiente intensità, e lascia una traccia che entra a far parte della traiettoria del reale. La versatilità del modello è dunque la sua forza: un linguaggio unico per descrivere processi che, fino a oggi, apparivano frammentati e disgiunti.

Questa Appendice ha cercato di fare ciò che la relazione tecnica e il commentario, ciascuno a suo modo, non potevano compiere da soli: ricostruire il filo narrativo interno che unisce la dimostrazione rigorosa e la riflessione filosofica. Qui abbiamo mostrato il come: come dalle differenze nasca l'attualizzazione, come dall'attualizzazione si costruisca la memoria, come dalle tre prospettive emerga una sola architettura.

Alla fine, la sintesi può dirsi così: la realtà è un cammino di differenze che diventano presenza attraverso un atto di intensità, e la scia che resta è la traiettoria della coscienza. Questa legge non è un'aggiunta, ma la struttura stessa del divenire. Con essa, il nodo del problema P1 si scioglie: ciò che sembrava molteplice si ricompone nell'unità di una dinamica variazionale che attraversa tutti i regimi dell'essere.