Il ruolo fondamentale della velocitá della luce

Primo Galletti   Aldo Aluigi

20 Giugno 2002

L'analisi dei collassi dei nuclei che costituiscono i *Quasar a Nucleo Multiplo* (QMN) nonché la ricerca di una soluzione *semplice* e *soddisfacente* per il "rompicapo del rivelatore al solfuro di cadmio ci ha indotto a rivedere l'attuale impostazione della Gravitá e dell'Elettromagnetismo.

I punti alla base di questa nuova impostazione sono i seguenti:

1. *esiste uno spazio "fisico"* le cui caratteristiche (elettriche magnetiche e gravitazionali) *variano con la sua densitá*;

2. *la velocitá della luce varia* in un campo gravitazionale;

3. *le dimensioni fisiche dei corpi variano* quando vengono immersi in un campo gravitazionale.

Lo spazio diventa il "mediatore" (ossia, il *mezzo di comunicazione*) tra le *tre forze fondamentali della Natura* (elettrica, magnetica e gravitazionale) per le quali non é piú necessario ipotizzare alcuna "azione a distanza" [1].

Inoltre, l'esistenza di uno spazio "fisico" ci consente di stabilire il legame tra la Gravitá e l'Elettromagnetismo. Vedremo come questo legame possa essere realizzato in modo conveniente attraverso la variazione della velocitá della luce.

Inizieremo con il riprendere il problema della Gravitá, ossia lo studio di un *Campo Gravitazionale statico*. Il problema delle Onde Gravitazionali, ossia lo studio del *Campo Gravitazionale dinamico*, verrá affrontato successivamente.

1 Alcuni esperimenti

Gli esperimenti che vengono qui proposti hanno lo scopo di chiarire meglio il ruolo fondamentale giocato dalla velocitá della luce per un Campo Gravitazionale.

Esperimento 1. Si abbia un contenitore di forma cubica da 1 m di lato poggiato su di un carrello che puó muoversi su dei binari (v. **Figura 1**).

[1] Mentre per l'Elettromagnetismo l'esistenza di uno spazio fisico (etere) era giá stata considerata da Faraday e Maxwell, per la Gravitá ci risulta che nulla sia stato ancora fatto

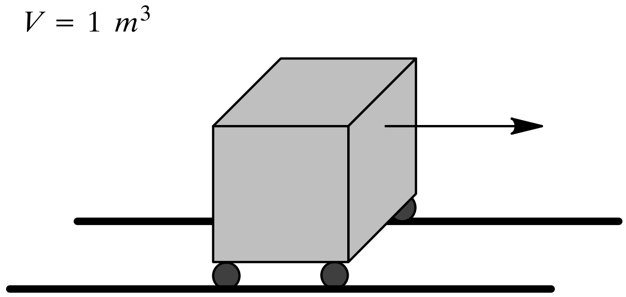

Figura 1: Il volume V di 1 metro cubo

Consideriamo un corpo celeste di massa M molto grande e due superfici equipotenziali: la superficie A stessa del corpo ed una superficie B al di sopra di A. Un piano inclinato sul quale puó muoversi il carrello mette in comunicazione le due superfici (v. **Figura 2**).

Riempiamo il contenitore con acqua per cui si ottiene un corpo di massa m pari a 1,000 kg e allontaniamo il carrello dalla superficie A (e.g. tirandolo con una fune da B) e portandolo sulla superficie B. Sia W il lavoro speso durante questa operazione che supponiamo avvenga lentamente e senza attrito.

Sappiamo dall'esperienza che in B il corpo m ha aumentato il suo contenuto di energia (potenziale) gravitazionale. Ossia, all'energia gravitazionale iniziale U_A posseduta dal corpo sulla superficie A si é aggiunto il lavoro W compiuto su di esso durante lo spostamento:

$$\Delta U = U_B - U_A = W \tag{1}$$

Se consideriamo valida, per il momento, la seguente relazione tra energia, massa e velocitá della luce [2].

$$Energia \approx massa \times c^2 \tag{2}$$

da questo esperimento, possiamo affermare (soltanto) che, durante lo spostamento, l'energia é variata (aumentata) perché puó essere variata la velocité della luce c, la massa m del corpo, oppure entrambe.

Esperimento 2. Supponiamo di compiere sul corpo m lo stesso lavoro W precedente mantenendolo, in questo caso, sulla superficie A. Sappiamo dall'esperienza

[2] L'espressione (2) non deve essere confusa con la relazione di Einstein $\Delta E = \Delta m\ c^2$, nella quale vi é insita l'ipotesi che la velocitá della luce sia costante. Con la (2) si accetta la possibilitá che anche c possa variare

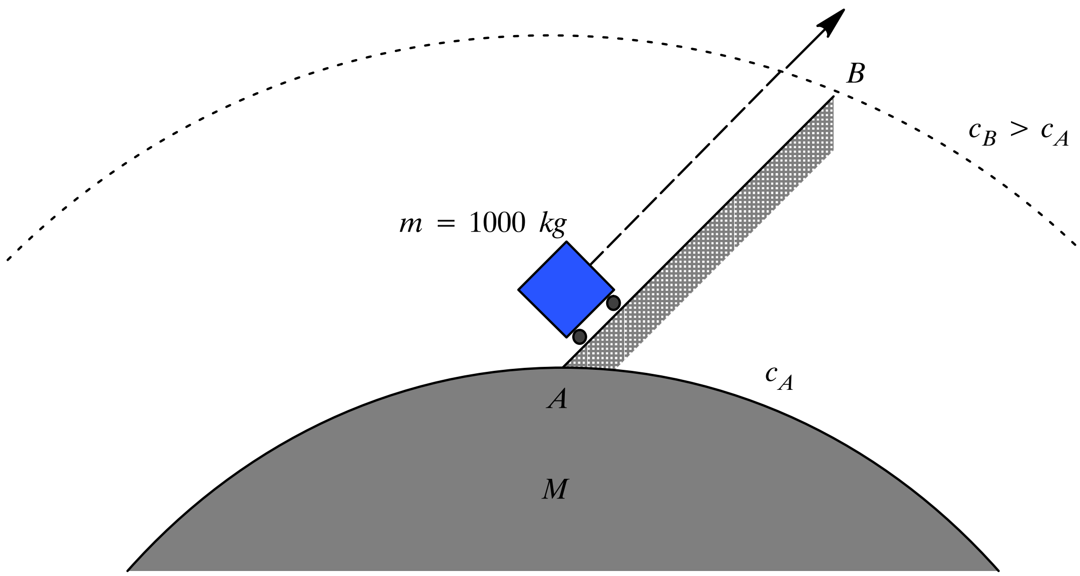

Figura 2: l'allontanamento da M della massa da 1,000 kg

che il corpo accelera portandosi ad una ben determinata velocitá v_A, costante (v. **Figura 3**).

Il corpo m, in questo caso, ha acquistato un'energia cinetica T pari al lavoro W compiuto. Ossia:

$$T = \frac{1}{2}\ m\ {v_A}^2 = W \tag{3}$$

Dall'esperienza acquisita sugli acceleratori di particelle, sappiamo che un corpo all'aumentare della sua velocitá aumenta la sua massa e che tale aumento Δm risulta essere pari a:

$$\Delta m = \frac{T}{c^2} \equiv \frac{T}{{c_A}^2} \tag{4}$$

Una volta raggiunta la velocitá v_A, allontaniamo il carrello dalla superficie A facendolo salire (per inerzia) sullo stesso piano inclinato dell'**Esperimento 1**. Sappiamo dall'esperienza che man mano che il carrello si allontana dalla superficie A rallenta spendendo progressivamente la sua energia cinetica acquistata in precedenza.

Possiamo anche dire che *la massa Δm acquistata durante l'accelerazione viene consumata progressivamente dal corpo per allontanarsi dalla superficie A*. Raggiunta la superficie B il corpo m ha speso tutta la sua energia cinetica e si trova nelle *stesse condizioni* finali dell'**Esperimento 1**.

Quindi, sembra piú logico sostenere che nell'**Esperimento 1**, molto presumibilmente, la massa m "propria" del corpo non é variata nel passaggio da A a B. Ossia, da A a B é variata (aumentata) soltanto la velocitá della luce c (per effetto della diminuzione del campo gravitazionale prodotto da M).

Con questo esperimento, quindi, si rafforza l'idea che, in un campo gravitazionale, possa risultare [3].

$$\Delta U \equiv U_B - U_A \approx m \left({c_B}^2 - {c_A}^2\right) \tag{5}$$

In altri termini, *l'energia (gravitazionale) posseduta dal corpo m risulterebbe direttamente proporzionale al quadrato della velocitá della luce* del luogo dove questo si trova immerso. Piú precisamente, *in presenza di un campo gravitazionale la velocitá della luce é tanto maggiore quanto piú bassa é la sua intensitá.*

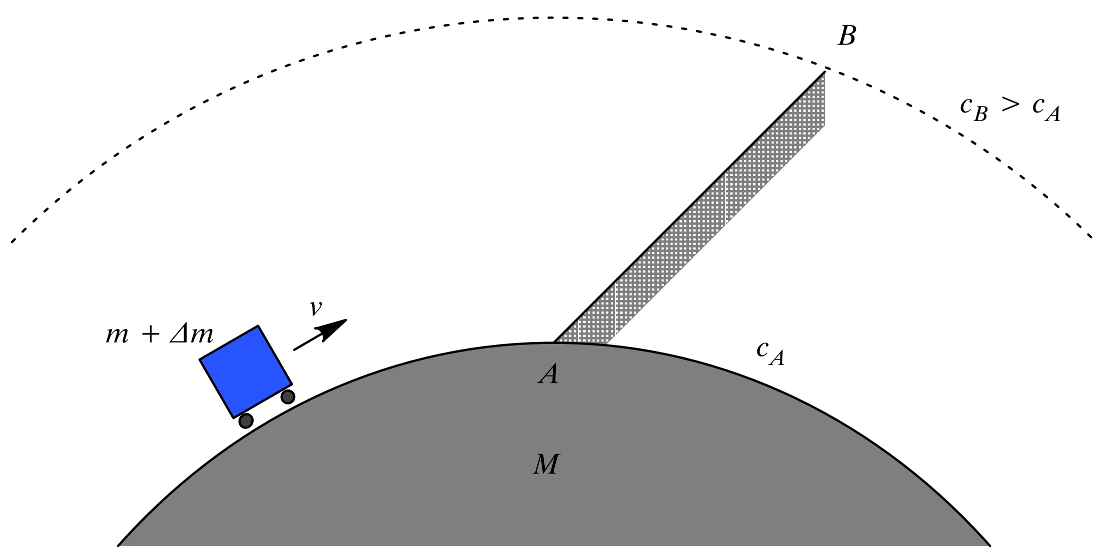

Figura 3: L'accelerazione e allontanamento da M della massa da 1,000 kg

[3] Vedremo che nella (5) vi é un coefficiente numerico pari a 3/2. Ossia:

$$\Delta U \equiv U_B - U_A = \frac{3}{2}\left({c_B}^2 - {c_A}^2\right)$$

.

Esperimento 3. Poniamo sul carrello un un interferometro. Ossia, nella sostanza, un regolo (metro-campione) di lunghezza l e un'onda elettromagnetica stazionaria la cui lunghezza d'onda λ sia sempre uguale o multipla di l (v. **Figura 4**).

Anche in questo caso, allontaniamo l'interferometro dalla superficie A, portandolo lentamente in B. Sappiamo dall'esperienza che *durante lo spostamento non si osservano variazioni (significative!) delle frange di interferenza.*

Ora, se non si modificano le frange di interferenza significa che, nello spostamento da A a B, *il numero di onde contenute nel regolo é rimasto invariato.* Ossia,

$$\frac{\lambda}{l} \equiv costante \tag{6}$$

e poiché nel passaggio da A a B é variata (aumentata) la velocitá della luce c, per la relazione fondamentale delle onde:

$$\lambda\, \nu = c \tag{7}$$

dove ν é la frequenza della luce laser, dobbiamo sostenere che nello spostamento da A a B *la lunghezza l del regolo varia in modo direttamente proporzionale alla velocitá della luce c*: mentre la frequenza della luce rimane costante:

$$\nu_B = \nu_A = costante \tag{8}$$

La quale sarebbe in accordo anche con il fatto sperimentale che *nello spostamento da A a B non si notano variazioni della frequenza della luce emessa dalla sorgente laser dell'interferometro.*

Possiamo riassumere i risultati di questo importante esperimento nel modo seguente:

- *le dimensioni fisiche (lineari) dei corpi si modificano in modo direttamente proporzionale alla velocitá della luce*;
- *la frequenza della luce non varia in un campo gravitazionale.*

Abbiamo, in precedenza, chiamato tutto questo "accordo con la velocitá della luce". Continueremo ad usare questa dizione.

Esperimento 4. Nell'**Esperimento 1** precedente sostituiamo il corpo di massa m con un condensatore di capacitá C. Sulla superficie A carichiamo il condensatore con un generatore elettrico depositando sulle armature (che supponiamo essere perfettamente conduttrici) una quantitá di carica elettrica pari a Q_A (v. **Figura 5**).

Sappiamo dall'esperienza che al termine della carica la differenza di potenziale tra le armature é pari a:

$$V_A = \frac{Q_A}{C} \tag{9}$$

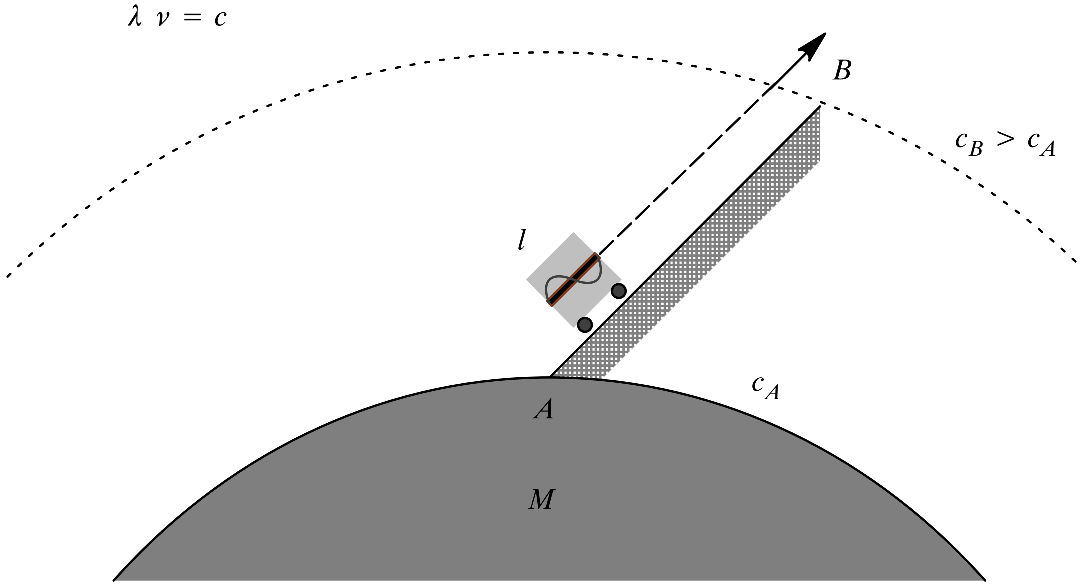

Figura 4: L'allontanamento da M dell'interferometro

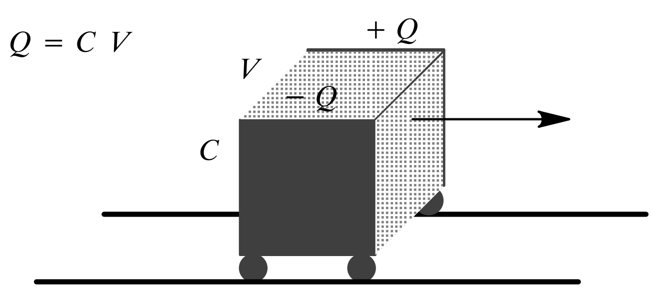

Figura 5: Il condensatore C

mentre l'energia fornita si trova confinata all'interno del dielettrico sotto forma di energia elettrostatica, il cui valore risulta:

$$U_A = \frac{1}{2}\ \frac{Q_A^2}{C} \equiv \frac{1}{2}\ C\ V_A^2 \tag{10}$$

Allontaniamo, ora, il condensatore dalla superficie A portandolo lentamente in B (v. **Figura 6**).

Ma poiché nel passare da A a B é variata (aumentata) la velocitá della luce, risulta variata (diminuita) anche la costante dielettrica! Quindi, anche in questo caso dobbiamo sostenere che vi sia stato un aumento dell'energia (elettrostatica) nel condensatore e che tale aumento sia uguale al lavoro Δm compiuto durante lo spostamento da A a B [4]:

$$\Delta U = U_B - U_A = W \tag{11}$$

In B il condensatore avrebbe un'energia pari a:

$$U_B = \frac{1}{2} \frac{Q_B^2}{C} \equiv \frac{1}{2}\, C\, V_B^2 \tag{12}$$

ed una differenza di potenziale tra le armature di:

$$V_B = \frac{Q_B}{C} \tag{13}$$

Per cui, il lavoro speso per lo spostamento risulterebbe:

$$W \equiv U_B - U_A = \frac{1}{2\,C} \left({Q_B}^2 - {Q_A}^2 \right) \equiv \frac{1}{2}\, C \left({V_B}^2 - {V_A}^2 \right) \tag{14}$$

Come é possibile che nel passaggio da A a B sia aumentata l'energia elettrostatica del condensatore? Cosa ne é stato della carica elettrica Q e della differenza di potenziale V?

La risposta piú logica sarebbe, in questo caso, che *nel passaggio da A a B sono variate (aumentate) sia la carica elettrica che la differenza di potenziale sulle armature*!

La suddetta affermazione é, in parte, sostenuta dal fatto, ben noto in Elettrostatica, che ogni qualvolta che varia la costante dielettrica del dielettrico di un condensatore isolato varia la differenza di potenziale tra le armature [5].

Dal confronto della (5) con la (14) si ha un'indicazione molto forte che *la carica Q e la differenza di potenziale V possano variare in modo direttamente proporzionale alla velocitá della luce c*:

$$\frac{Q_B}{c_B} = \frac{Q_A}{c_A} \tag{15}$$

[4] Potrebbe essere variato anche il peso del condensatore ma non sufficiente a spiegare il tutto, in quanto possiamo sceglierlo di massa piccola a piacere e caricarlo con una quantitá di energia arbitraria

[5] La cosa piú inquietante é che, contrariamente a quanto ci viene indicato dall'Elettrostatica, dobbiamo sostenere che al diminuire della costante dielettrica aumentano sia la differenza di potenziale che la carica e viceversa! Vedremo, in seguito, che questa contraddizione é solo apparente e puó essere facilmente superata se si considera che variano (aumentano) le dimensioni fisiche del condensatore

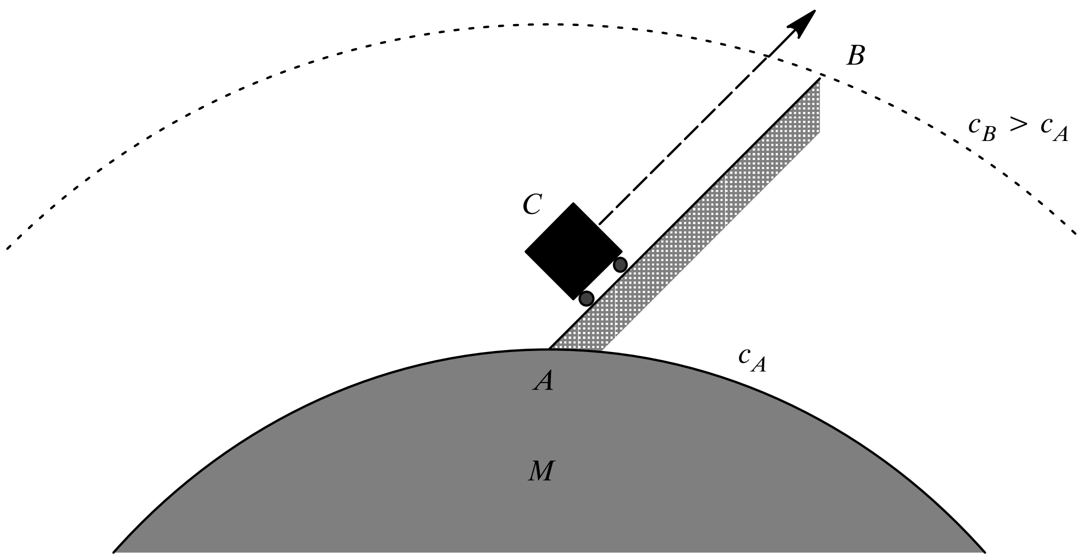

Figura 6: L'allontanamento da M del condensatore C

$$\frac{V_B}{c_B} = \frac{V_A}{c_A} \tag{16}$$

Nella ipotesi di validitá della (15) e (16) si avrebbe:

$$\Delta U \equiv W = \frac{U_A}{c_A}\left({c_B}^2 - {c_A}^2\right) = \frac{U_B}{c_B}\left({c_B}^2 - {c_A}^2\right) \tag{17}$$

ma, per ora, non lo si puó ancora affermare con certezza in quanto non sappiamo se nel passaggio da A a B sia variata anche la capacitá C del condensatore [6].

Per cui, possiamo definire la massa "elettrica" del condensatore (ossia, la massa associata all'energia elettrostatica) nel modo seguente:

$$m_\epsilon = \frac{U}{c^2} = \frac{U_A}{{c_A}^2} = \frac{U_B}{{c_B}^2} = costante \tag{18}$$

la quale, in modo del tutto analogo all'**Esperimento 1**, rimarrebbe invariata durante lo spostamento da A a B.

Infine, *poiché il numero di cariche elettriche sulle armature del condensatore non ha subito variazioni (il condensatore é rimasto isolato durante lo spostamento), ne deriva che passando da A a B deve essere, necessariamente, aumentata la carica degli elettroni (e dei protoni)*!

[6] Vedremo che la capacitá rimane costante durante lo spostamento

Esperimento 5. Le conclusioni dell'**Esperimento 3** ci consentono di estendere con facilitá i risultati ottenuti per il condensatore anche all'induttore.

Sostituiamo il condensatore dell'**Esperimento 4** con un'induttore di induttanza L costituita da N spire di filo (perfettamente) conduttore.

Sulla superficie A carichiamo l'induttore facendogli circolare una corrente I_A. Sappiamo che la corrente I_A, poiché non ci sono perdite, continua a circolare all'interno dell'induttore (v. **Figura 7**).

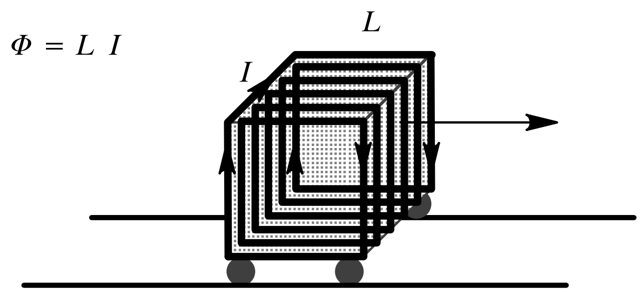

Figura 7: L'induttore L

L'energia fornita all'induttore si trova, ora, sotto forma di energia magnetica, il cui valore risulta essere:

$$U_A = \frac{1}{2} \frac{{\Phi_A}^2}{L} \equiv \frac{1}{2} L {I_A}^2 \tag{19}$$

mentre, il flusso magnetico é dato da:

$$\Phi_A = L I_A \tag{20}$$

Allontaniamo, ora, l'induttore dalla superficie A portandolo lentamente in B (v. **Figura 8**).

Poiché nel passaggio da A a B é variata (aumentata) la velocitá della luce, *deve essere variata (diminuita) anche la permeabilitá magnetica*! Quindi, anche in questo caso dobbiamo sostenere che vi sia stato un aumento di energia (magnetica) nell'induttore e che tale aumento sia uguale al lavoro W compiuto durante lo spostamento da A a B. In B l'induttore avrebbe un'energia:

$$U_B = \frac{1}{2} L {I_A}^2 \tag{21}$$

ed un flusso magnetico di:

$$\Phi_B = L I_B \tag{22}$$

La variazione di energia, nell'ipotesi che l'induttanza L rimanga costante sarebbe, quindi:

$$W = U_B - U_A = \frac{1}{2}\ L\ \left({I_B}^2 - {I_A}^2\right) \equiv \frac{1}{2\ L}\ \left({\Phi_B}^2 - {\Phi_A}^2\right) \tag{23}$$

Ma dall'**Esperimento 4** sappiamo che la carica elettrica aumenta proporzionalmente alla velocitá della luce c, mentre dall'**Esperimento 3** abbiamo visto che l'orologio non varia in un campo gravitazionale. Per cui, *anche la corrente I che attraversa l'induttore deve variare in modo direttamente proporzionale a c*! In questo caso, si ha [7]:

$$\frac{I_B}{c_B} = \frac{I_A}{c_A} \tag{24}$$

$$\frac{\Phi_B}{c_B} = \frac{\Phi_A}{c_A} \tag{25}$$

Infine, in virtú della (2), anche per l'induttore possiamo definire una massa "magnetica" nel modo seguente:

$$m_\mu = \frac{U}{c^2} = \frac{U_A}{{c_A}^2} = \frac{U_B}{{c_B}^2} = costante \tag{26}$$

la quale rimarrebbe invariata durante lo spostamento da A a B.

Esperimento 6. Nell'Esperimento 3 precedente, sostituiamo l'interferometro con una scatola (a pareti perfettamente conduttrici) contenente della radiazione elettromagnetica.

Sappiamo che all'interno della scatola il campo di radiazione é costituito dalle onde stazionarie (modi di oscillazione) che si instaurano all'interno e che possono essere rappresentate con la seguente espressione [8]:

$$\Delta n_\nu = \frac{8\ \pi\ \nu^2}{c^3}\ \Delta\nu \tag{27}$$

dove Δn_ν rappresenta il numero di onde stazionarie per unitá di volume che hanno frequenze comprese tra ν e $\nu + \Delta\nu$.

Cosa accade se spostiamo la scatola da A a B (v. **Figura 9**)?

Per quanto si é detto in precedenza, poiché le dimensioni lineari della scatola variano in proporzione diretta con la velocitá della luce, *il volume V della scatola aumenta con il cubo della velocitá della luce, per cui il numero di onde (stazionarie) all'interno della scatola rimane costante*!

[7] Anche qui, contrariamente a quanto ci viene indicato dall'Elettromagnetismo, dobbiamo sostenere che al diminuire della permeabilitá magnetica, aumentano sia la la forza magnetomotrice che il flusso e viceversa!

[8] La (27) é un'espressione ben nota in Fisica la quale viene ricavata con considerazioni essenzialmente di tipo geometrico. É utilizzata, ad esempio, nel calcolo della radiazione di un corpo nero, nella teoria dei calori specifici dei solidi e nell'acustica degli ambienti chiusi

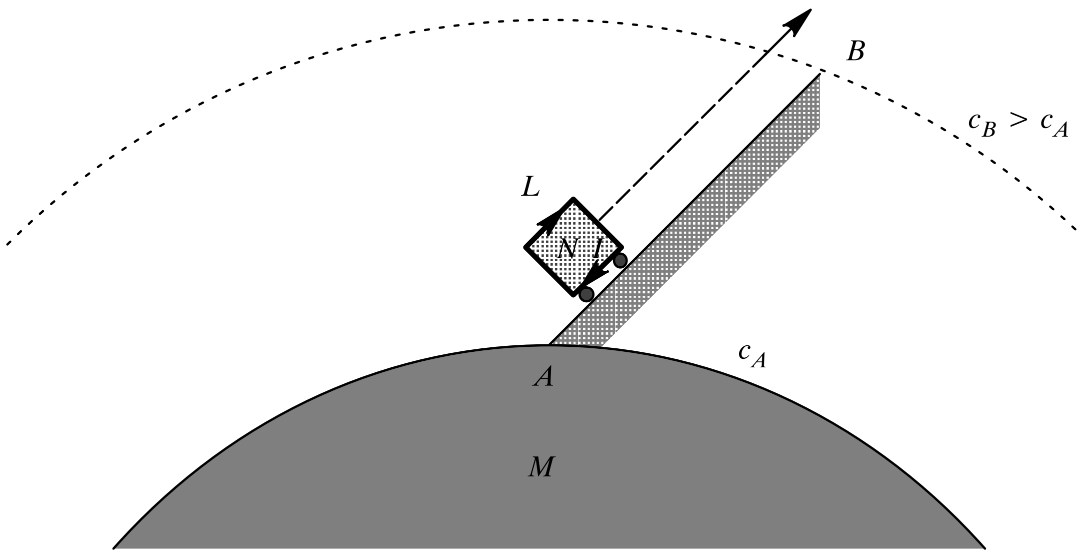

Figura 8: L'allontanamento da M dell'induttore L

Questo risultato ci conforta in quanto nell'**Esperimento 4** il numero delle cariche elettriche sulle armature del condensatore rimaneva costante.

Nell'**Esperimento 3** con l'interferometro abbiamo visto come l'onda elettromagnetica, nel passaggio da A a B, aumenta le "dimensioni" (ossia, aumenta di lunghezza d'onda) della luce in modo direttamente direttamente proporzionale a c. Ma che ne é della sua ampiezza?

In analogia con i precedenti esperimenti, dobbiamo ammettere anche qui che *l'energia dell'onda elettromagnetica aumenta in modo direttamente proporzionale al quadrato della velocitá della luce*!

Ma sappiamo che l'energia di un'onda é direttamente proporzionale al prodotto dell'ampiezza per la lunghezza d'onda per cui, nello spostamento da A a B, dobbiamo sostenere che é variata (aumentata) la sua ampiezza in modo direttamente proporzionale alla sua velocitá c!

Dunque, *in un campo gravitazionale un'onda elettromagnetica mantiene la sua forma* [9].

[9]Questa é la ragione principale per cui, all'arrivo di un'onda gravitazionale, noi non ci accorgiamo di nulla!

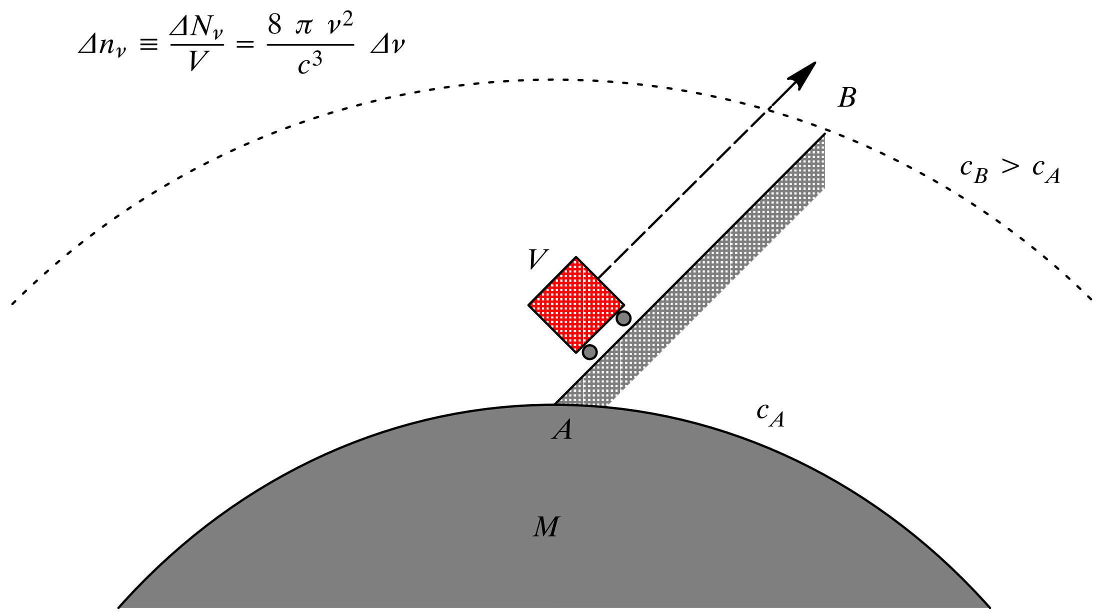

Figura 9: L'allontanamento da M del volume V di radiazione e.m.

2 Una proprietá fondamentale dello spazio

Poiché le dimensioni lineari dei corpi variano in proporzione diretta con la velocitá della luce, anche *il volume V del contenitore dell'**Esperimento 1** aumenta in modo direttamente proporzionale con il cubo di detta velocitá*. Ossia:

$$V_B = V_A \left(\frac{c_B}{c_A}\right)^3 \tag{28}$$

Inoltre, poiché la massa "propria" dei corpi non varia in un campo gravitazionale, si ha che la densitá dei corpi varia in modo inversamente proporzionale al cubo della velocitá della luce. Di conseguenza, anche *la massa di spazio "fisico" contenuta nel volume V rimane costante*! Per cui, anche la densitá dello spazio δ varia in modo inversamente proporzionale al cubo di c. Ossia:

$$\delta_B = \delta_A \left(\frac{c_A}{c_B}\right)^3 \tag{29}$$

La (29) rappresenta una proprietá fondamentale dello spazio "fisico". Possiamo scriverla anche nel modo seguente:

$$\delta_B\ c_B^3 = \delta_A\ c_A^3 \equiv costante \tag{30}$$

dove la costante puó essere determinata a partire dalle condizioni a "riposo" dello spazio. Si ha [10]:

$$costante = \delta_\infty \, c_\infty^3 = 3 \; 10^{17} \left(3 \; 10^8\right)^3 = 8.1 \; 10^{42} \; kg/s^3 \tag{31}$$

3 Discussione

Quanto riportato nei paragrafi precedenti ci offre notevoli spunti per una discussione.

1. Un osservatore che é immerso nel campo gravitazionale (ad esempio, quello in A, in B o quello a bordo del carrello) puó accorgersi che sono variate le dimensioni (e.g. del carrello, contenitore, interferometro, etc...)?

   La risposta é no! L'osservatore non si accorge di nulla perché anche *il suo "metro-campione" si modificato in accordo alla velocitá della luce.*

   L'osservatore a bordo del carrello, man mano che ci si allontana dalla superficie A, non si accorge neanche che varia (aumenta) la distanza tra i binari!

2. Lo stesso osservatore é in grado di accorgersi che é variata la differenza di potenziale sulle armature del condensatore o la corrente attraverso l'induttore?

   Anche in questo caso la risposta é no! L'osservatore non puó accorgerci di nulla in quanto anche *gli strumenti indicatori quali voltametri, amperometri, etc... si modificano essi stessi in accordo alla velocitá della luce*!

3. Cosa vedono gli altri strumenti ottici ed elettromagnetici (e.g. fotometri, interferometri, etc...)?

   Anche questi strumenti non sono in grado di accorgersi che é variata la lunghezza d'onda della radiazione in quanto *si modificano anch'essi in accordo alla velocitá della luce*! Cos come non sono in grado di accorgersi che é variata l'energia della radiazione luminosa.

   Un fotometro campione, ad esempio, misura di fatto una densitá di energia, ossia l'energia luminosa che colpisce l'unitá di superficie fotosensibile. Poiché anche la superficie, come l'energia, varia con il quadrato della velocitá della luce, questo strumento non é in grado di accorgersi di nulla [11]!

[10] La densitá dello spazio (a "riposo") si puó calcolare facilmente a partire dalla massa del protone e dal volume dell'elettrone. Tale valore risulta essere pari a: $\delta_\infty = 3 \; 10^{17} \; kg/m^3$

[11] Fin'ora se ne accorge solo il nostro rivelatore, in quanto il fotoresistore al solfuro di cadmio varia la sua resistenza elettrica in funzione dell'energia effettiva dei fotoni che lo colpiscono, mentre il numero di fotoni emessi nell'unitá di tempo dal diodo a vuoto rimane costante (poiché la corrente anodica viene mantenuta rigorosamente costante)!

4. Dalla Terra possiamo accorgerci che é variata (diminuita) la velocitá della luce sulla superficie del Sole?

   La risposta é no! Non possiamo accorgerci di questo perché la radiazione emessa dal Sole che man mano che si avvicina alla Terra aumenta la sua lunghezza d'onda in modo proporzionale con la velocitá di propagazione c.

   In **Appendice A.1** é riportato il calcolo di questa variazione nel caso del Sole.

5. Che strumento é, dunque, l'interferometro?

   Possiamo pensare all'interferometro come ad un *metro-orologio*, ossia uno strumento doppio, in cui il tempo é un tutt'uno con la lunghezza [12].

   É un metro-campione perché contando il numero di onde, di una ben determinata radiazione elettromagnetica, contenute nel regolo siamo in grado di determinarne la sua lunghezza. É nello stesso tempo anche un orologio-campione perché contando il numero di onde contenute nel regolo (di lunghezza nota) siamo in grado di determinarne la frequenza.

   Nella sostanza possiamo dire che é un *metro-campione* perché il numero di onde in esso non cambia (anche se varia la velocitá della luce!) ed á un *orologio-campione* perché la frequenza non varia (anche se varia la velocitá della luce!).

6. Cosa vede l'osservatore B man mano che il carrello gli si avvicina?

   Il contenitore da 1 m^3 che si trova in A é piú piccolo di quando é in B, ma l'osservatore che si trova in B non é in grado di accorgersene in quanto la luce che lo "rappresenta", arrivando in B ha una lunghezza d'onda piú grande.

   Ossia, emphil contenitore che si trova in A viene visto da B sempre pari a $1m^3$ dove, peró, il suo metro-campione é "fisicamente" piú grande di quello in possesso all'osservatore che si trova in A!

   Dunque, *le dimensioni dei corpi immersi in un campo gravitazionale che si misurano dal di fuori (del campo gravitazionale) non sono quelle reali ma bensímaggiori.*

   In altri termini, il campo gravitazionale agisce nei nostri confronti (ossia nei confronti dei nostri occhi) come una lente che ci fa vedere gli oggetti in esso immersi piú grandi di quelle che sono nella realtá!

   In **Appendice A.2** é riportato il calcolo di questa variazione nel caso del Sole.

7. Cosa accade alla luce quando attraversa un campo gravitazionale?

[12] Questo (semplice) legame tra lunghezza, velocitá di propagazione e tempo sono caratteristiche delle linee di trasmissione.

La luce nell'attraversare un campo gravitazionale subisce *un rallentamento e un cambiamento della sua direzione* a causa della *variazione dell'indice di rifrazione* dello spazio, il quale, analogamente a quanto avviene per gli altri parametri quali la costante dielettrica e permeabilitá magnetica, aumenta all'aumentare della sua densitá.

Ció che possiamo vedere molto bene, dunque, é la *deformazione* prodotta da un campo gravitazionale molto intenso su oggetti celesti (e.g. galassie) che si trovano al di lá di questo. A tale riguardo é molto convincente osservare gli archetti che si vedono intorno agli ammassi di galassie (v. l'ammasso di galassie **Abell 2218**) [13].

8. Che ne é del redshift "gravitazionale"?

   Il redshift gravitazionale, ossia la diminuzione della frequenza della luce quando questa attraversa un campo gravitazionale, non esiste in quanto gli orologi in esso immersi non variano!

   Il redshift che talvolta si osserva in alcuni oggetti celesti é dovuto ai moti locali di questi rispetto a noi.

9. Che ne é della relazione di Einstein?

$$\Delta E = \Delta m \; c^2 \tag{32}$$

   Questa espressione non ci é di nessun aiuto in un campo gravitazionale in quanto la velocitá della luce varia. In un campo gravitazionale risulta piú utile la seguente espressione:

$$\Delta E \approx m \; \Delta c^2 \tag{33}$$

   a condizioni di dare un significato piú adeguato alla massa m.

10. É ben noto che per poter spiegare il comportamento della radiazione all'interno della scatola, ad ogni modo di oscillazione (onda stazionaria) é necessario attribuire un'energia che é direttamente proporzionale alla sua frequenza secondo la relazione:

$$E_\nu = h \; \nu \tag{34}$$

   dove h é la costante di Planck.

   Pertanto, anche questa relazione *non é di nessun aiuto in un campo gravitazionale in quanto la frequenza della radiazione non varia, mentre sappiamo che varia l'energia.*

[13] Non é molto corretto parlare, in questo caso, di lente gravitazionale in quanto non esiste un vero e proprio "effetto lente" in cui si ha una concentrazione dei raggi luminosi da parte del campo gravitazionale. Ció che avviene, qui, é soltanto una deformazione degli oggetti.

Ne consegue che, nello spostamento da A a B, *deve necessariamente variare la costante di Planck h*! Ossia, in un campo gravitazionale si avrebbe, invece:

$$\Delta E \approx \nu \, \Delta h \tag{35}$$

Ma perché non ci accorgiamo che varia la costante h di Planck? La costante h di Planck é un'energia per un tempo e, poiché il tempo non varia, h é di fatto un'energia e, quindi, vale quanto é stato giá detto al Punto 3 precedente.

11. Che ne é della massa gravitazionale di M?

    Un osservatore a bordo del carrello, man mano che si allontana dalla superficie A vede aumentare la *massa gravitazionale* di M, in quanto alla massa propria di M si aggiunge l'*"addensamento" dello spazio* prodotto da M stessa.

    Ossia, per la massa gravitazionale vale la seguente importante relazione:

    $$massa\ gravitazionale = massa\ propria +'' addensamento''\ dello\ spazio$$

    In altre parole, spostandoci da A a B, il campo gravitazionale per un verso si riduce quadraticamente con la distanza da M (effetto geometrico) e per l'altro aumenta per effetto dell'addensamento dello spazio.

    Tutto questo si traduce, in pratica, in una deviazione dalla Legge della Gravitazione di Newton.

    Questo aumento della massa gravitazionale é significativo solo nel caso di sistemi molto massicci (e.g. moto delle stelle intorno alle galassie o nel caso dei QNM).

    Per oggetti celesti delle dimensioni del Sole questo effetto risulta molto piccolo puó essere percepito solo a grande distanza [14].

12. Che ne é della "materia oscura"?

    La "materia oscura" in quanto materia, quindi, non esiste. Ció che esiste é l'addensamento dello spazio che la materia produce intorno a sé e che si comporta a fini gravitazionali come vera materia!

4 Un nuovo schema di riferimento

Prima di riassumere quanto fin qui detto, occorre fare due precisazioni molto importanti.

- Non é il campo gravitazionale a modificare la densitá dello spazio, ma é la presenza della materia a produrre l'addensamento dello spazio intorno ai corpi.

[14] Si veda, a questo proposito, la decelerazione (anomala) del Pioneer 10

Ossia, passando da A a B il campo gravitazionale si modifica perché é la densitá dello spazio (e, quindi, la velocitá della luce) che si modifica e non viceversa.

- Non é il campo elettrico (o il campo magnetico) a modificare la costante dielettrica (o la permeabilitá magnetica), ma é la costante dielettrica (o la permeabilitá magnetica) che, a causa della variazione della densitá dello spazio, modifica il campo elettrico (o il campo magnetico).

  Ossia, passando da A a B non é il campo elettrico (magnetico) che varia, ma varia la carica (corrente) che produce quel determinato campo elettrico (magnetico).

Le suddette precisazioni rappresentano due punti molto importante in questa nuova impostazione della Gravitá, in quanto ci consentono di stabilire il legame tra il *Campo Gravitazionale*, il *Campo Elettrico* ed il *Campo Magnetico*.

Lo schema logico sarebbe, dunque, il seguente. Allontanandoci da un corpo celeste, ossia spostandoci da un punto a piú alta gravitá verso un punto a piú bassa gravitá si ha che:

→ diminuisce la densitá dello spazio
per cui,
→ diminuisce la costante dielettrica
→ diminuisce la permeabilitá magnetica
→ aumenta la velocitá della luce
→ aumentano le dimensioni fisiche dei corpi
mentre,
→ non varia la frequenza degli orologi (oscillatori)
→ non varia la massa "propria" (o particellare) dei corpi
e, quindi,
→ aumentano sia la carica elettrica che la corrente elettrica
→ aumenta la lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica
→ aumenta la massa gravitazionale
→ aumenta l'energia (in modo direttamente proporzionale c^2)
Vedremo, invece, che non variano:
→ la capacitá di un condensatore
→ l'induttanza di un induttore
→ la resistenza di un resistore

Si vuole concludere evidenziando come la interpretazione del comportamento dell'interferometro in termini di velocitá della luce variabile ci fornisce uno dei contributi pi importanti.

L'esperimento con l'interferometro fatto da Michelson e Morley alla fine del 1800, la cui interpretazione in termini di velocitá della luce costante aveva decretato la morte dello spazio (etere) di Faraday e Maxwell, qui con l'interpretazione in termini di velocitá della luce variabile diventa una delle prove piú evidenti della sua esistenza!

A APPENDICE

A.1 La variazione della velocitá della luce sul Sole

Sulla base di quanto é stato riportato nel testo, sulla superficie del Sole vale la seguente relazione:

$$\frac{3}{2}\left(c_\odot^2 - c_\infty^2\right) = -\frac{G\ M_\odot}{R_\odot} \tag{36}$$

dove $M_\odot$ e $R_\odot$ sono, rispettivamente, la massa e il raggio del Sole mentre c_∞ é la velocitá della luce in assenza di campo gravitazionale. Poiché:

$$c_\odot^2 - c_\infty^2 \approx 2\ c_\infty\ \left(c_\odot - c_\infty\right)$$

possiamo approssimare la (36) e ottenere per la variazione della velocitá della luce:

$$\Delta c_\odot \approx -\frac{G\ M_\odot}{3\ c_\infty\ R_\odot} \tag{37}$$

Sostituendo i valori numerici si ottiene:

$$\Delta c_\odot \approx \frac{6.67\ 10^{-11}\ 2\ 10^{30}}{3\ 3\ 10^8\ 695\ 10^6} = 213\ m/s$$

Ossia, si ricava che *sul Sole la velocitá della luce é di 213 m/s piú bassa rispetto a quella che si avrebbe nello stesso punto in sua assenza.*

Sulla Terra la variazione della velocitá della luce dovuta alla presenza del Sole é, invece:

$$\left(\Delta c_\odot\right)_{Earth} = -\frac{G\ M_\odot}{3\ c_\infty\ d_{SE}} \tag{38}$$

dove con d_{SE} si é indicata la distanza Sole-Terra. Sostituendo i valori numerici si ottiene:

$$\left(\Delta c_\odot\right)_{Earth} \approx \frac{6.67\ 10^{-11}\ 2\ 10^{30}}{3\ 3\ 10^8\ 150\ 10^9} = 1\ m/s$$

A.2 Le dimensioni effettive del Sole

Sulla base di quanto riportato nel testo *le dimensioni dei corpi immersi in un campo gravitazionale sono direttamente proporzionali alla velocitá della luce in quel punto.* Per cui il raggio del Sole misurato fuori del suo campo gravitazionale é superiore a quello effettivo di una quantitá pari a:

$$\left(\Delta R_\odot\right)_\infty = R_\odot\ \frac{\Delta c_\odot}{c_\infty} \approx 695\ 10^6\ \frac{213}{3\ 10^8} \approx 491\ m$$

Ossia, *il raggio effettivo del Sole é di soli 491 m inferiore a quello si misurerebbe fuori dal suo campo gravitazionale.*