

# Física Moderna

## Gravitação e Curvatura

# Tópicos

Introdução

“O pensamento mais feliz da minha vida”

Gravitação e Curvatura

Componentes

# Introdução

- 1905- Einsten publica vários artigos explorando as conseqüências físicas da relatividade especial.
- 1907- em um exame dos princípios da relatividade especial, Einsten concluiu pela falta de generalidade de sua teoria.

- Desde o século XVII a teoria de Newton conheceu uma impressionante série de sucessos (como por exemplo, a descoberta de Netuno em 1846).
- Apesar de ter algumas falhas na explicação de alguns fenômenos (órbita de Mercúrio), a teoria newtoniana era considerada um dos saberes adquiridos mais seguros da ciência.

# “O pensamento mais feliz da minha vida”

- A teoria da relatividade especial postulava a impossibilidade de propagação de uma interação a uma velocidade superior a da luz.
- Já a teoria newtoniana da gravitação afirmava a instantaneidade da interação gravitacional. Ou seja, ela atribuía uma velocidade infinita à ação da gravitação.

- Ex: se por uma razão qualquer o Sol se pusesse a se mover de forma muito rápida, a teoria newtoniana dizia que a Terra seria imediatamente afetada por essa mudança brusca, ao passo que a teoria da relatividade especial afirmava que a Terra só sentiria essa mudança 8 minutos mais tarde, o tempo em que a luz percorre a distância que separa o Sol da terra.

- Assim, era preciso modificar a teoria de Newton de tal modo que essa atração não pudesse se propagar a uma velocidade superior a da luz.
- Einstein tentou mudar ligeiramente as equações de Newton, mas as hipóteses que utilizou para esse fim lhe pareceram desprovidas de fundamento físico e portanto pouco convincentes.

- Essas forças fictícias são, por exemplo, a força centrífuga. O mesmo ocorre no elevador: no começo da descida, o observador é animado de um movimento acelerado para baixo e sente uma força fictícia, dirigida para o alto, que diminui o seu peso.



- Das equações de Newton decorre imediatamente que, se soltarmos o elevador em queda livre, o observador, submetido a uma força fictícia que compensa exatamente seu peso, tem a sensação de não ter peso. Quando o elevador e o observador estão ambos em queda livre suas acelerações são iguais, e o observador “flutua” em relação ao elevador, enquanto o piso de elevador “foge” sob seus pés. O movimento acelerado anula o efeito da força de gravitação sob os corpos que ele contém.

- No final de 1907, uma idéia surgiu subitamente em Einstein : “um indivíduo em queda livre não sente seu peso.”
- Newton atribuía um caráter absoluto na aceleração, isto é, segundo ele um observador animado de um movimento acelerado constata a presença de forças “fictícias” opostas à direção da aceleração a que está submetido, forças que não resultam da ação de um corpo.

- Imaginemos a situação inversa: suponhamos que o elevador esteja no espaço, longe de toda influência gravitacional e que, por uma razão qualquer, ele comece a se mover em movimento acelerado. Dentro do elevador, o observador, sente uma força fictícia agindo em uma direção inversa a da aceleração, força que lhe parece em tudo semelhante a uma força gravitacional. De fato, é possível demonstrar que, se o observador não vê nada do mundo exterior ao elevador, nenhuma experiência lhe permite saber se está em repouso em uma campo gravitacional ou em movimento acelerado em um espaço desprovido de toda influência gravitacional

- Einstein não pode admitir que duas situações físicas diferentes produzissem efeitos idênticos e considerou que o campo gravitacional e as forças fictícias de aceleração são uma manifestação de uma mesma realidade física. Introduziu então um princípio que afirmava a equivalência entre uma aceleração e um campo gravitacional. Sobre esse princípio, que chamou de “princípio de equivalência”, ele esperava fundar uma teoria relativista do campo gravitacional.

- Einstein ignorava a própria existência da linguagem matemática adaptada às suas necessidades. Foi somente em 1912, que, em resposta às suas perguntas, um amigo seu, Marcel Grossmann, o informou de que as propriedades matemáticas que ele procurava eram as de uma teoria surgida no século XIX: a geometria não-euclidiana.

# Gravitação e Curvatura

- Foi preciso esperar o século XIX para que os matemáticos Nikolai Lobatchevski, Janos Bolyai e Bernhard Riemann mostrassem que a renúncia ao quinto postulado de Euclides permite construir várias geometrias matematicamente coerentes, mas distintas da geometria euclidiana.

- Várias opiniões se entrecrocavam quanto a esse ponto. Poincaré sustentava que eventualmente se poderia sempre escolher dentre uma modificação das teorias físicas e uma mudança de descrição geométrica. Assim, para Poincaré, a escolha da geometria era puramente convencional.

- Para Einstein, embora a convenção da geometria euclidiana forneça previsões experimentais idênticas, a escolha entre a teoria da relatividade especial e a teoria de Lorentz não era uma questão de convenção, a descrição relativista dos efeitos gravitacionais exigia a adoção de uma representação geométrica não euclidiana do espaço-tempo.



- Que representava então esse espaço absoluto, cuja existência se manifesta unicamente por ocasião de um movimento acelerado, que age sobre objetos físicos, sem que esses objetos reajam a ele por sua vez?

- Suponhamos que um observador mede com a ajuda de uma régua, o raio e a circunferência de um círculo imóvel centrado no eixo do disco e perpendicular a esse eixo. Ao medir o raio do círculo, o observador obtém o valor idêntico ao que se obteria se o disco estivesse em repouso. Em contrapartida, ao medir a circunferência do círculo, o observador mede uma circunferência superior à que teria medido se o disco estivesse em repouso.

- Disto resulta, segundo o princípio da equivalência, que um campo gravitacional afeta de maneira semelhante a geometria do espaço.
- Ocorre que, tal como as implicações físicas do princípio da relatividade especial que admitem uma formulação no espaço-tempo quadridimensional, não euclidiana.

- Assim, se traçarmos na superfície da Terra um triângulo cuja base é uma porção do Equador e o terceiro vértice é o pólo norte. Verificaremos facilmente que tal triângulo tem três ângulos retos, diferente da geometria euclidiana. Como essas considerações valem para todas as dimensões, resulta que um espaço-tempo quadridimensional não euclidiano pode ser um espaço curvo.

- Nessa teoria, a ação de um campo gravitacional equivale à de uma aceleração, e ambas induzem uma curvatura do espaço-tempo quadridimensional.
- Na teoria geral da relatividade de Einstein, a gravitação não é uma força que modifica o movimento dos corpos materiais. Os corpos com grande massa engendram um campo de curvatura geométrica, obrigando os outros corpos a seguir trajetórias curvas no espaço-tempo.

- Para as condições que prevalecem no sistema solar, a teoria de Einstein obtém os mesmos resultados da teoria de Newton. Além disso, explica fenômenos que a teoria de Newton é incapaz de explicar totalmente.
- Uma vez que o campo gravitacional está ligado à estrutura geométrica do espaço-tempo, os raios luminosos descrevem uma trajetória curva.

retroceder

# Componentes



Felipe Lobo

# Componentes Especiais

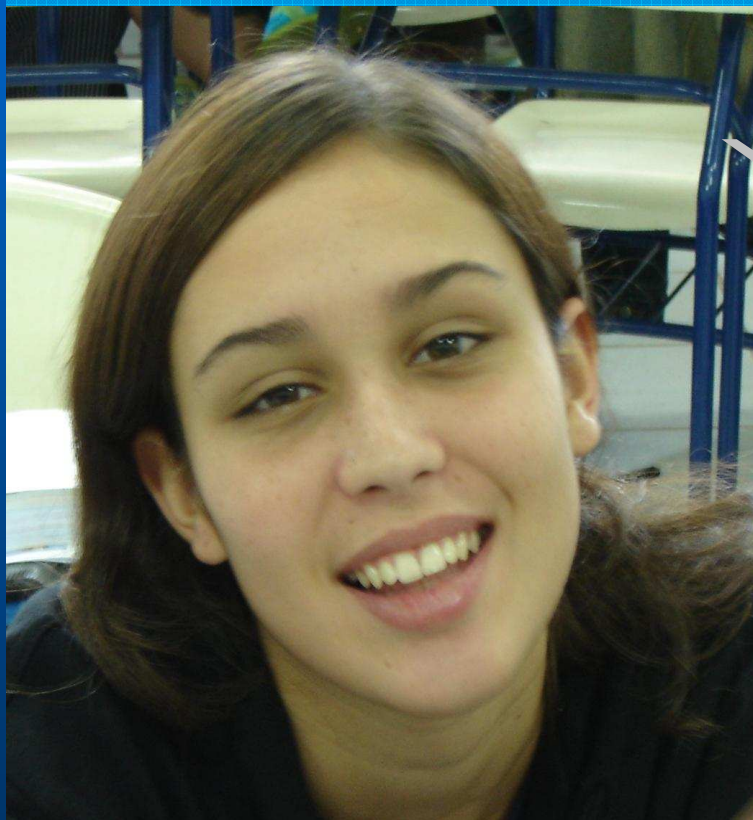


**Ailton Moura Fonseca**

**O na balada da federal!**



# Componentes Especiais



**Luisa Arantes Vilela**

**Valeu por tudo Luisa, e**

**boa sorte!!!**